

الأكاديمية البحثية والعلمية والتكنولوجيا
المجالس النوعية

هزونات الحشرات

تأليف
ف. ب. ب. وجلز وورث

ترجمة

دكتور / كارم السيد غنيم

١٩٨٧

الأكاديمية البحثية والعلمية والتكنولوجيا
المجالس النوعية

هزونات الحشرات

تأليف

ف. ب. وجلز وورث

ترجمة

دكتور / كارم السيد غنيم

١٩٨٧

INSECT HORMONES

by

V.B.Wigglesworth

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم

يعد نشر الثقافة العلمية احد المجالات التى يوليها مجلس بحوث العلوم الاساسية باكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا اهتمامه الخاص، وذلك ايمانا منه بضرورة اعادة صياغة العقل العربى بما يتواءم مع ثورة التكنولوجيا العالمية، والايقاع السريع الذى نشهده اليوم فى حركة العلم والبحث العلمى مما يمكن من الاسهام البناء فى قضايا التنمية ومن أجل حياة أفضل للأجيال القادمة .

ومن هذا المنطلق يقوم المجلس بتبنى الاعمال العلمية من مؤلفات ومترجمات وما نحوها فى مجالات العلم المتنوعه مستهدفا فى ذلك نشر المعارف العلمية بطريقة ميسرة على أكبر قاعدة من المواطنين، إيمانا منه بأهمية ترسيخ الوعى والأسلوب العلمى طريقا فعالا لتفهم مشاكلنا القومية، وسبيلا نحو المشاركة الايجابية فى قضايا المجتمع .

والمجلس يقدم هذا العمل العلمى كترجمة لكتاب هرمونات الحشرات ، ليعطى القارئ جرعة علمية قيمة فى أحد جوانب العلوم البيولوجية . ويسعدنى باسم المجلس أن أقدم الشكر الى السيد الدكتور كارم السيد غنيم ، الذى قام بهذه الترجمة الدقيقة الى اللغة العربية .

والمجلس - ونحن على أبواب الخطة الخمسية الثانية - ليهيب بعلمائنا بالمشاركة الفعالة فى تأليف وترجمة الكتب العلمية التى تهدف الى تبسيط العلم ونشر الثقافة العلمية الرفيعة ، ولا شك أن هذه الفرصة السانحة التى تتيحها الاكاديمية

فى اطار مسئوليتها القومية نحو العلم وتطبيقاته فى مصر سوف
تجد من المشتغلين بالعلم استجابة ودعمًا لتحقيق هذا الهدف
العلمى الكبير .

والله ولى التوفيق.

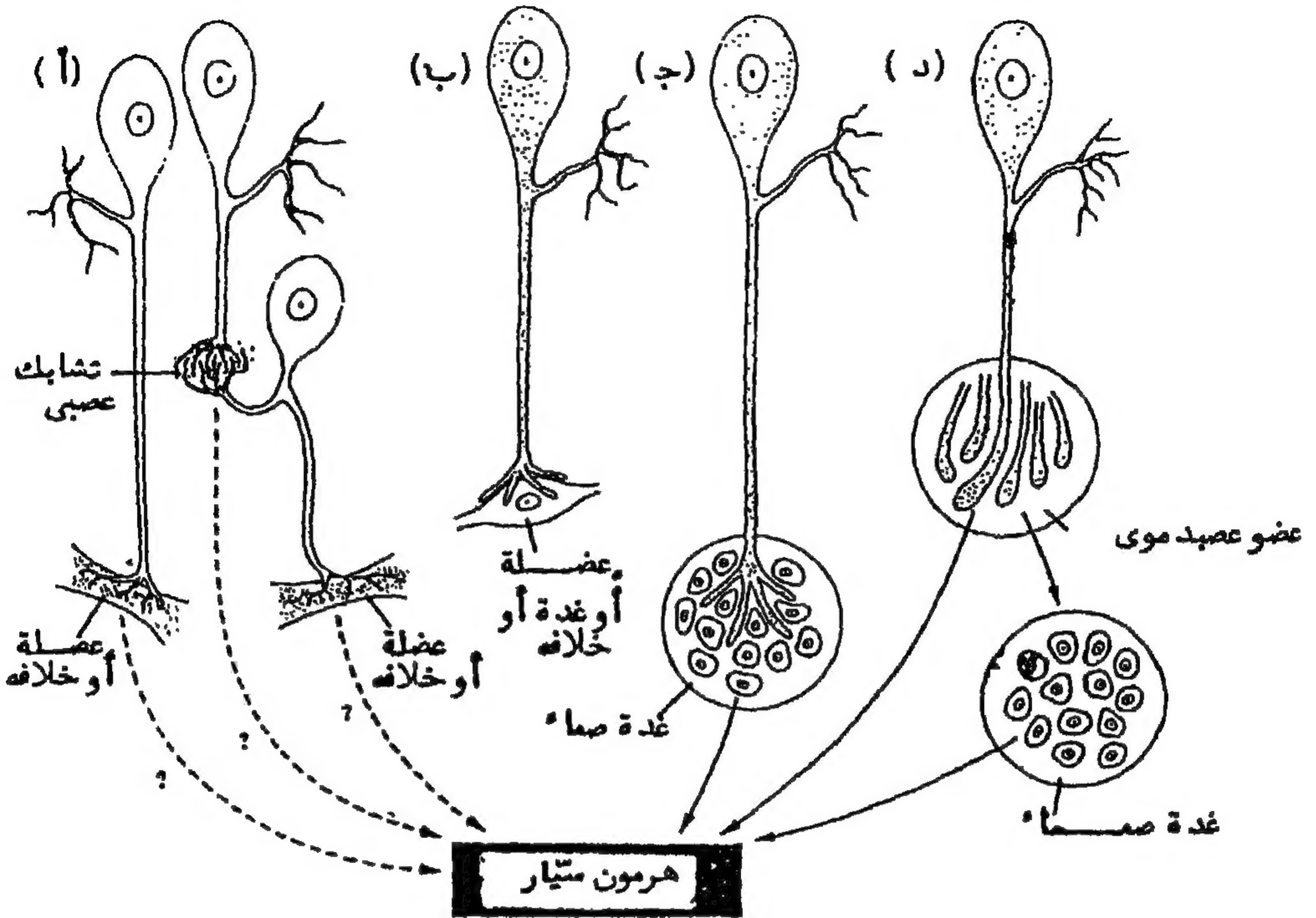
أ.د. محمود حافظ ابراهيم

رئيس مجلس بحوث العلوم الاساسية

المتدمة

تبعاً لتعاليم حاليوس ، ذلك الطبيب الرومانى الذى سيطرت أفكاره فى علموظائف الاعضاء لاكثر من الف سنة ، فان الدم الموجود فى الشرايين يكون محملاً بأرواح حيوية ، وهى التى عند دخولها المخ تؤدى الى ظهور الارواح الحيوانية وانتشارها فى كافة انحاء الجسم عبر أعصابه ، وتهيمن هذه الارواح على الانشطة المختلفة فى الجسم كحركة العضلات وانفعال اعضاء الحس بالمؤثرات الواقعة عليها . فى القرن السادس عشر ، قام فيزاليوس - وكان عالم عصره آنذاك - بطرح سؤال عما اذا كانت تلك الارواح الحيوانية ذات طبيعة معينة فى شكل مادة تنتقل عبر القنوات الدقيقة ، أو أنها خاصة (كالصوت أو الضوء) تنتقل عبر الاعصاب فى شكل مادة صلبة . ولقد ترك هذا العالم سؤاله المطروح دون جواب عليه ، الا أنه بانتهاء القرن التاسع عشر ، اصبحت فكرة انتقال مادة ما من المخ وانتشارها عبر الاعصاب الى انحاء الجسم المختلفة ، لا تحظى بالثبوت والتأكيد على وجه العموم .

بعد ذلك تم التعرف على طريقتين للاتصال فى داخل الجسم . :
أولاهما : النبضات الكهربائية من وإلى الجهاز العصبى المركزى بواسطة الاعصاب .
والثانية : هى نقل الرسائل الكيميائية "الهormونات" عبر تيار الدم ، لكن حداً فاصلاً بين الطريقتين لم يتوصل إليه أحد حتى الان (شكل ١) . ولقد وجد أنه لكي يتم عبور مؤثرات عصبية ما لمنطقة التشابك العصبى Synapse بين خلية عصبية وأخرى عبر نهاية عصبية فى عضلة أو فى غدة ما ، فان ذلك يحدث بوسائل كيميائية هى انطلاق ما يسمى "المرسل العصبى" Neurohumor عند نهاية الليفة العصبية . يقوم هذا المرسل العصبى بتحفيز الخلية العصبية أو الخلية العضلية أو الخلية الغدية المجاورة . كما يقوم هذا المرسل العصبى ذاته باحداث تأثيرات موضعية فى نقاط ظهوره ، ولكنه ينطلق أحياناً فى تيار الدم العام وبألتالى يتسرع نطاق عمله وتأثيره ، ويعتبر " مضاد الكظرين " (أى الهرمون المضاد للادرينالين) من أشهر الرسائل العصبية فى الحيوانات الفقارية .

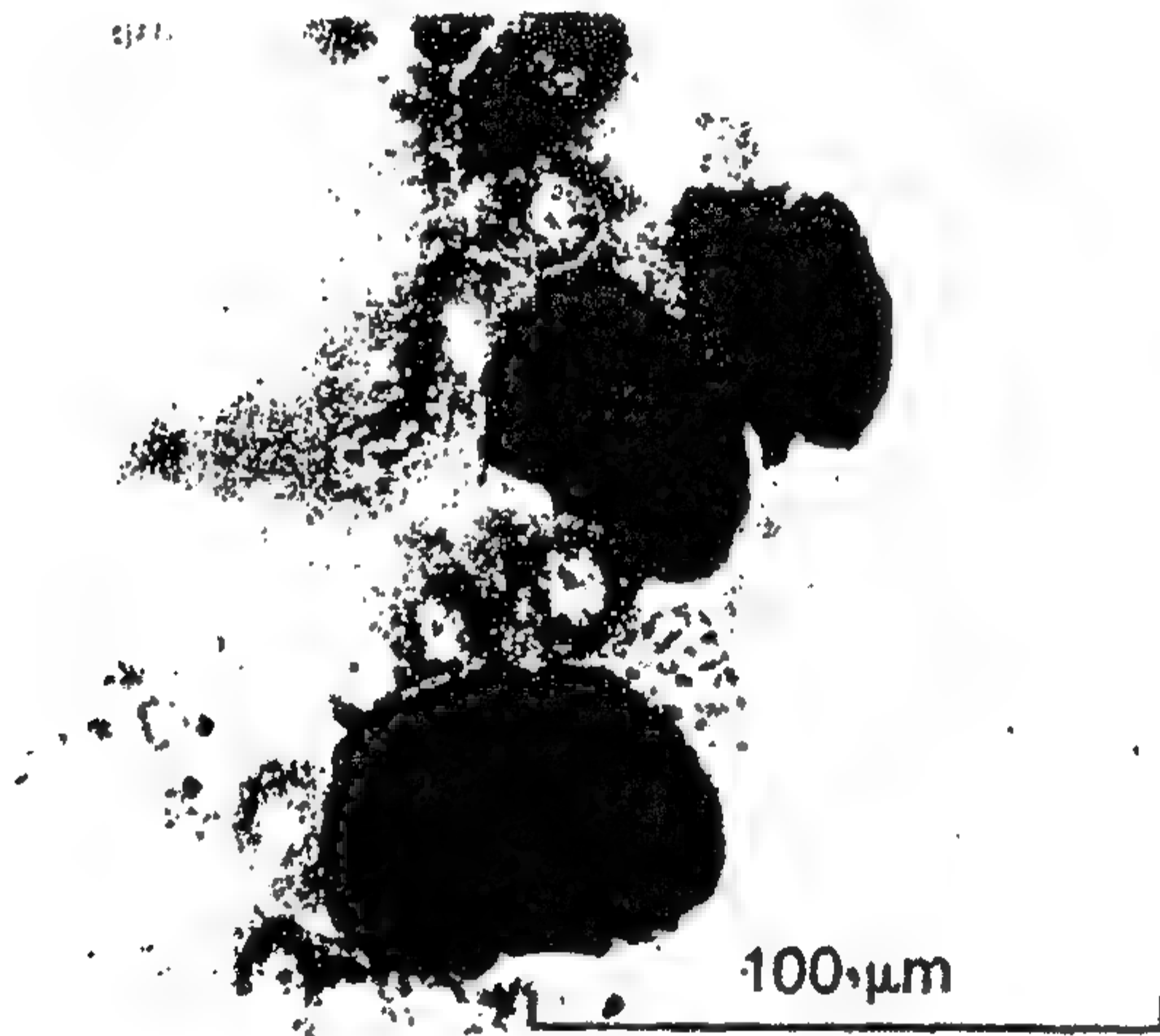


شكل (١) : شكل تخطيطي يوضح أنواع الإفرازات الهرمونية في الحشرات . (أ) خلية عصبية عادية ، منتجة للرسلات العصبية عند أطراف الخلية (أي نقاط الاتصال العضلية أو العصبية الغدية) ، أو التشابك العصبي حيث تتقارب خلية مع الأخرى حتى لتكاد تلامسها . ليس من المعروف أين تطلق هذه الرسائل العصبية كأعضاء عصبية في تيار الدم الجاري . (ب) خلية عصبية إفرازية تطرح إفرازها مباشرة على عضلة ما أو خلية أخرى . (ج) خلية عصبية إفرازية تطرح إفرازها ليصل إلى غدة صماء . (د) خلية عصبية إفرازية يتحسر إفرازها عند عضو عصب موي ، لعمل هذا الإفراز مباشرة على الأنسجة أو لعمل تأثيره في غدة صماء ليحفرها على إفراز هرموناتها .

هناك طريقة أخرى لتبادل كل من الاعصاب والهرمونات التأثير على الأخرى : تقوم رؤوس الخلايا العصبية كلها بإفراز مستمر لخامسة تشكل مادة الليفة العصبية (أو محور الخلية) حيث يفيض خلالها الإفراز في بطن . إلا أنه قد وجدت خلايا عصبية متخصصة (محاورها تستطيع نقل النبضات الكهربائية كأي خلايا عصبية أخرى) تقوم بإنتاج حبيبات كروية دقيقة من البروتين أو الببتيدات المتعددة (قطر الواحدة يتراوح ١٠٠ ، ٣٠٠ ميكرومتر ، وهي غالبا ما تكون معتمدة في الصورة الملتقطة لها بالميكروسكوب الإلكتروني ، ولها صفات صبغية مميزة) . ومن ناحية

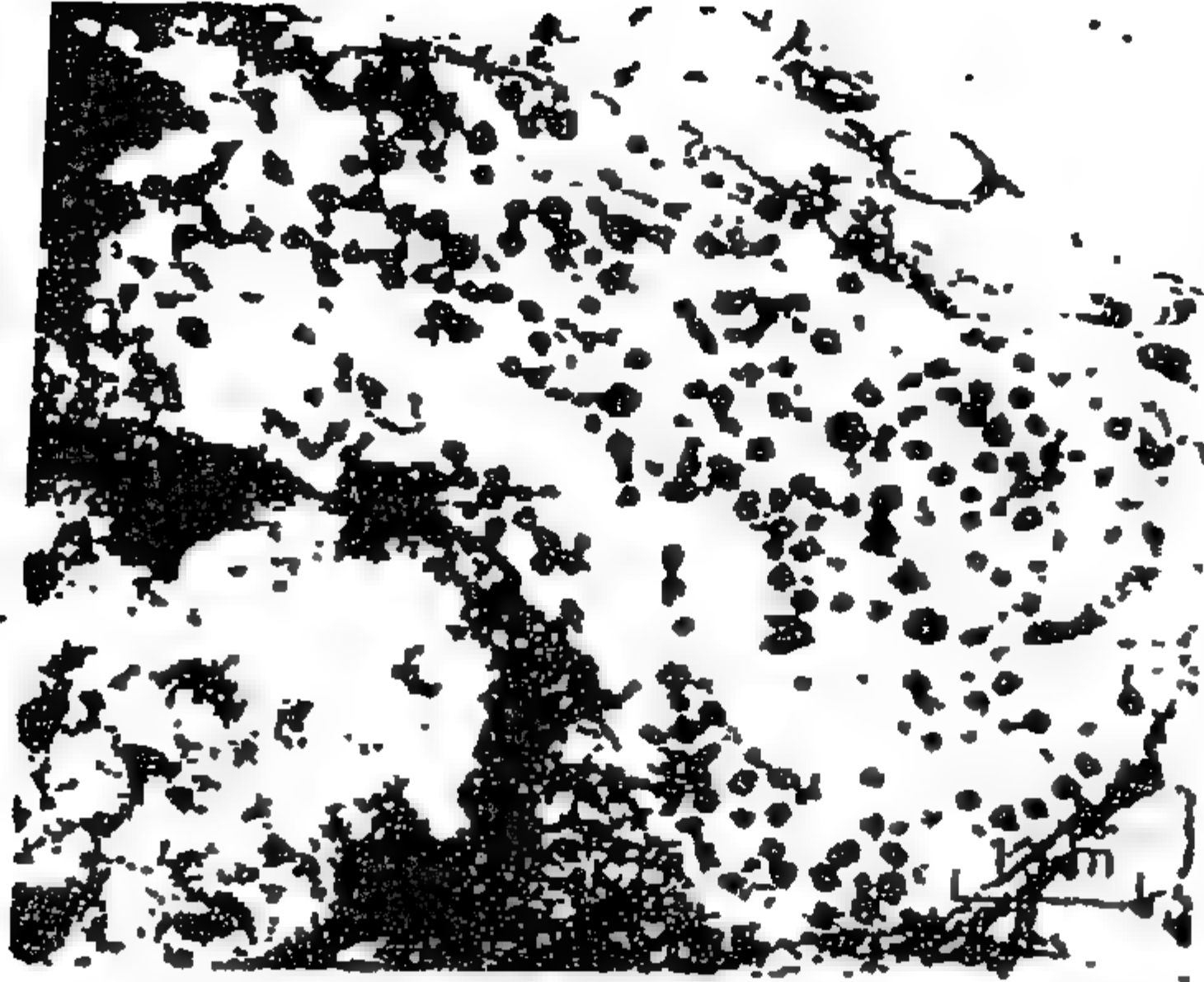
أخرى ، فان هذه الحبيبات تحمل عبر محاور هذه الخلايا العصبية ليتم
تفريغها عند النهايات العصبية . مثل هذه الخلايا العصبية تسمى
"الخلايا العصبية الإفرازية" Neurosecretory Cells .

تنتشر للخلايا العصبية الإفرازية انتشارا واسعا في الجهاز العصبي
المركزي في الحشرات (شكل ٢) ، حيث تقع أجسامها (أو رؤوسها)
عادة في داخل هذا الجهاز ، وتنتهي اطراف محاورها بانتفاخات تتجمع
مع بعضها البعض لتشكل ما يسمى " الأعضاء العصبيدموية"
Neurohemal organs ، وهي التي تعمل كبوابات في طريق انطلاق
وتحرر الإفرازات العصبية من محاور هذه الخلايا الى تيار الدم العام
(اشكال ٣ ، ٢٢) .



شكل (٢) : خلايا عصبية إفرازية في مخ بقعة الرودناس ، وهي مصبغة بلون داكس .

تقوم المواد المنتجة بواسطة الخلايا العصبية الإفرازية باحداث
تأثير موضعي خالص في الأعضاء المستهدفة التي تدعمها وتعمل فيها ،
فعندما تنتهي اطراف هذه الخلايا في عضلات القلب مثلا ، فان انتاجها
الإفرازي يقوم بتنظيم ضربات القلب . ومن ناحية أخرى ، فقد تنطلق
هذه الإفرازات العصبية في تيار الدم لتنتقل خلاله الى كافة الأعضاء
والانسجة ، وبناء عليه جاءت التسمية الشائعة التي سمت بها وهي



شكل (٣) : نهاية طرفية منتفخة لمحور خلية عصبية افرازية ، وتحتوى على الحبيبات الافرازية المتخصصة ، فى غدة الكوريس كاردياكم لحشرة عصوية (صورة بالميكروسكوب الالكترونى) .

"الهormونات العصبية" Neurohormones . أما عن الطبيعة الكيميائية لهذه الهرمونات ، فانها عادة ما تكون ببتيديات متعددة .

تقوم هذه الهرمونات بأداء دورها الوظيفى فى الانسجة محل العمل اما بطريقة مباشرة أو من خلال تأثيرها فى غدد صم Endocrine Glands بتنشيط او تثبيط قدراتها الافرازية . وبالنسبة للغدد الصم ، والتي تعتبر المصدر الرئيسى الاخر للهرمونات فى جسم الكائن الحى ، فانها تظهر فى مرحلة مبكرة فى أثناء نمو الجنين ، وذلك بعملية تبرعم لطبقة الاكتودرم فى منطقة الفم، ثم ترحل بعيدا عن موضع نشأتها لتصبح فى شكل أعضاء محددة تحديدا جيدا .

الهرمونات فى الحشرات

تعد الحشرات كائنات حية على درجة كبيرة من الاهمية نفسى دراسة مصدر وطريقة عمل وطبيعة الهرمونات . فقد تم اكتشاف الوظيفة الهرمونية للخلايا العصبية الافرازية لأول مرة فى الحشرات . كذلك فالحشرات تمدنا بأمثلة رائعة للهرمونات العصبية والاعضاء العصبية والغدد الصم والمرسلات العصبية . هذا عن أهمية الحشرات فى

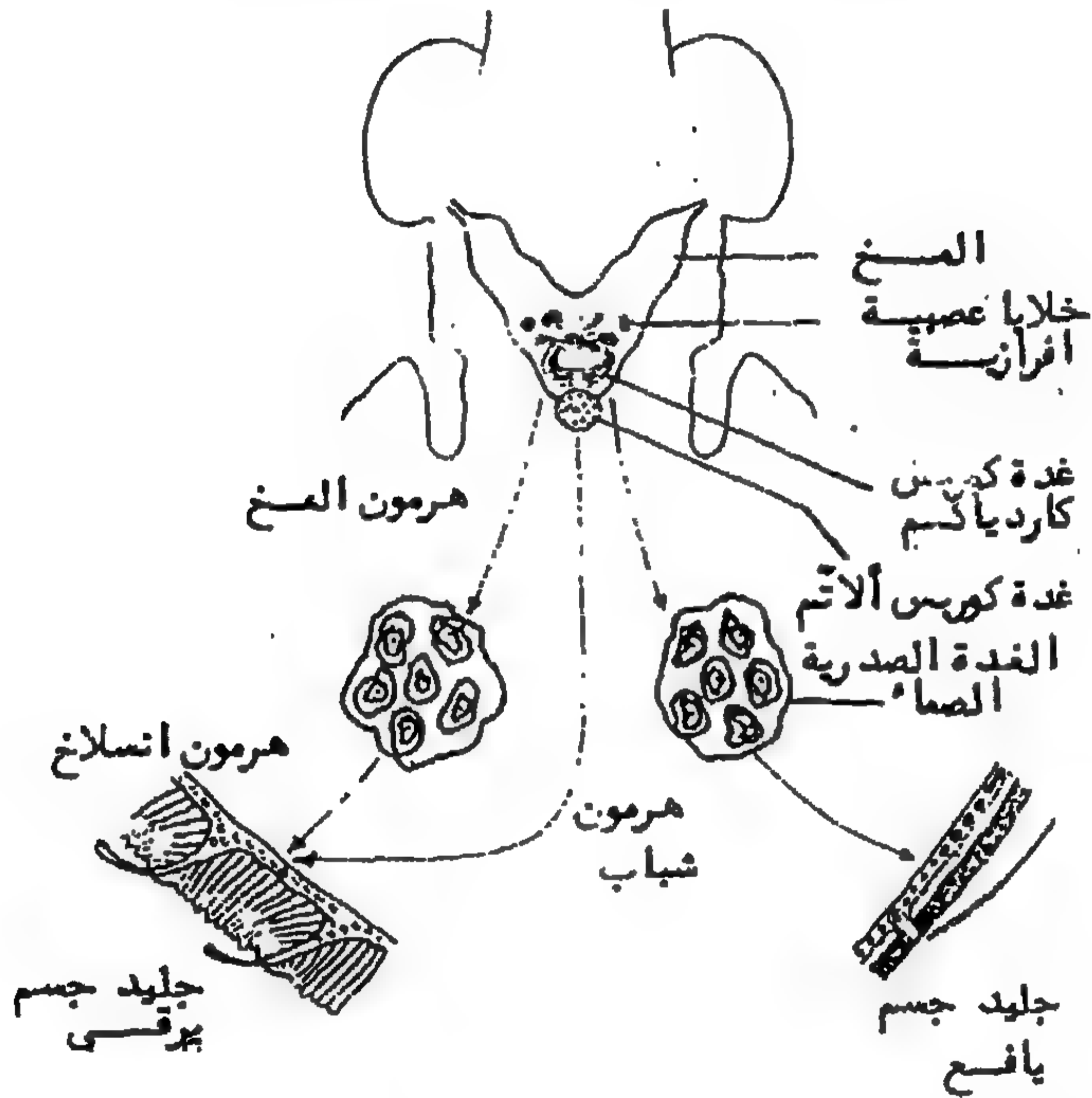
دراسة الهرمونات ، أما عن أهمية الهرمونات في حياة الحشرات ، فإنها تتدخل في عمليات التشكل ، Morphogenesis ، وتحكم في النمو والتناسل وكذا تنظيم حالات النمو المتوقف أو ما يسمى الكمون ، Diapause ، كما أنها تنظم أيضا عملية ادرار البول Diuresis أو احتباسه ، Antidiuresis ومعدل ضربات القلب ، وتغييرات اللون ، وجوانب متعددة من الأيض الوسيط . وباختصار ، فإن الهرمونات لها دخل في كل جوانب فسيولوجيا الحشرات تقريبا .

الهرمونات والانسلاخ

تنتشر الخلايا العصبية افرازية في كافة العقد العصبية الموجودة في الجهاز العصبي المركزي . وتحمل المجموعة المركزية الموجودة في مهاد المخ (Pars Intercerebralis) (شكل ٤) مسئولية تنظيم النمو . وهي خلايا من النوع (أ) تتلون باللون القرمزي الداكن عند معاملتها بمصبغة الفوكسين البارالدهيدي التي ركبها جوموري ، Gomori . ومن الناحية العددية ، فإن ٥ - ٦ من هذه الخلايا توجد على كلا جانبي خط المنتصف في تلك المنطقة من المخ (شكل ٢) . وقد يوجد عدد هائل منها (يصل الى ١٠٠ أو يزيد) ، لكنها صغيرة الحجم نسبيا ، في الجراد . تقوم محاور هذه الخلايا باختراق المسافات داخل الجسم حتى تصل غدة كوربر كاردياكام Corpus cardiacum (يوجد منها زوج يسمى "كوربور كاردياكا" في الحشرات ، فيما عدا الحشرات نمفية الاجنحة وذوات الجناحين) ، وهذه الاخيرة تعتبر عضو عصيدي نموذجي يقع بعد المخ مباشرة ، ومنها ينطلق الهرمون الصادر من المخ (والذي يحتمل أن يكون من نسوع الببتيدات المتعددة) ليجرى مع تيار الدم .

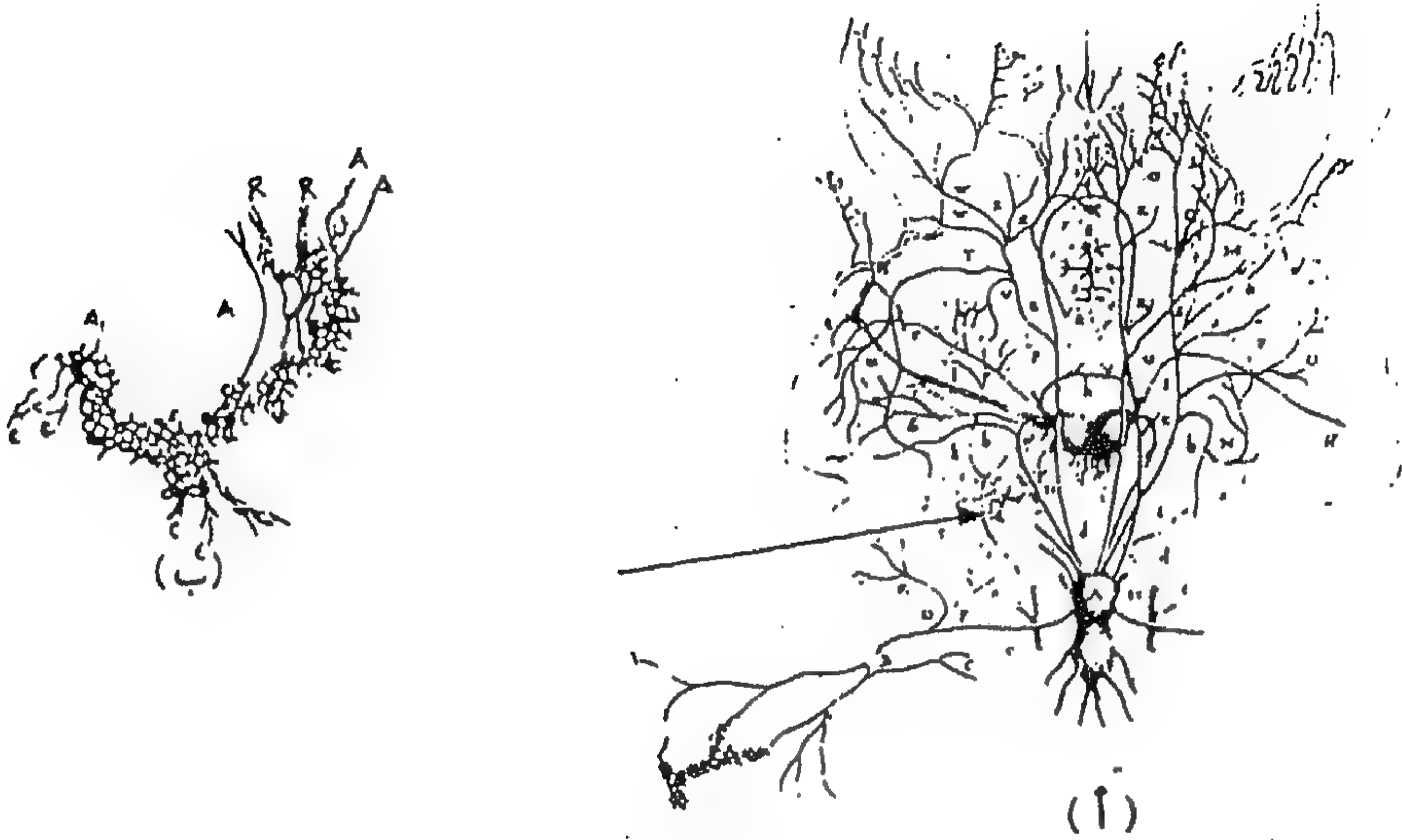
وعموما ، فإن هرمون المخ (هـ خ) (وهو المسمى احيانا بالهرمون التنشيطي) أو (هرمون تنشيط الغدة الصدرية) لا يقوم بأداء وظيفته في الانسجة بطريقة مباشرة ، لكنه يقوم أولا بالتأثير على غدة صماء - واقعة في الرأس أو الصدر - وتقوم هذه الاخيرة بانتاج

وتفريع افراز هرموني يذهب ليؤدي وظائف محددة . ونجد من هذه الغدد في رؤوس الحشرات الاقل رقيا نوعا يسمى " الغدة السفلة Ventral gland ، بينما في الحشرات الاكثر رقيا تبدو " الغدة الصدرية" (Prothoracic gland) واضحة في العقلة الاولى من الصدر . ونتيجة لتأثير هرمون المخ على هذه الغدد الصم ، فان خلاياها تتضخم وتبدأ في انتاج وافراز هرمون الانسلاخ (ه ن) (شكل ٤) .



شكل (٤) : الهرمونات المتحكمة في النمو والتحول في بقعة الود نياس . يحتوى المخ على خلايا عصبية إفرازية ، والتي تنتهى محاورها في غدة الكوريس كاردياكس حيث يتحرر منها هرمون المخ (أو الهرمون التنشيطى) ليسيير في تيار الدم . وهذا يذهب ليؤثر على الغدة الصدرية الصماء لكي تقوم بإفراز هرمون الانسلاخ . حينما يؤثر هرمون الانسلاخ بمفرده على خلايا بشرة الجسم (ناحية اليمين في الرسم) ، فإن هذه الخلايا - أثناء الانسلاخ - تقوم بإنتاج الجلد الخاص بالطور اليافع . بينما إذا شاركه هرمون الشباب (الاتى من غدة الكوريس الاتم) التأثير ، فإن خلايا البشرة (ناحية الشمال في الرسم) تنتج الجلد الخاص بالطور اليرقى .

خلال بحوثه التقليدية على يرقات فراشة الماعز ، قام ليونست Lyonest سنة ١٧٦٢م بوصف الغدد الصدرية ورسمها (شكل ٥) ، الا أنه ، على أية حال ، لم يستطع تحديد وظيفتها . ولقد اتضح بعد



شكل (٥) : (أ) التركيب التشريحي لرأس يرقة فراشة الماعز كما تصورها ليونت سنة ١٧٦٢م .
الغدة الصدرية الصماء موضحة شمال أسفل الرأس ، وسها الممدد العصبى الاتى اليها من العقدة
العصبية تحت المريئية . الاشياء الصغيرة المشار اليها بحرف (٢) أسفل المخ على الجانب الايمن
هى خلايا ليونت ، وقد وصفها بأنها تتصل بالمخ عن طريق عصبين ، وهى اندماج غدة الكوريس
كارديا كم غدة الكوريس الاتم معا . (ب) تفصيل الغدة الصدرية الصماء .

سنة ١٩٤٠م أن الازالة الجراحية لهذه الغدد من جسد احدى يرقات
دودة الحرير ثم نقلها واستزاعها فى النصف الخلفى المربوط من جسد يرقة
أخرى لنفس النوع الحشرى ، أدى الى امكانية حدوث عملية الانسلاخ
فى هذه المنطقة .

يستطيع هرمون الانسلاخ أن يزاوِل أعماله على الانسجة فى أنحاء
الجسم المختلفة خصوصا على خلايا البشرة فى جدار الجسم ، وهى
الخلايا المسئولة بالدرجة الاولى عن النمو والانسلاخ فى الحشرات ،
فتقوم هذه الخلايا - تحت تأثير هرمون الانسلاخ عليها - ببناء
تصنيع الاحماض والبروتينات ، ثم تفصل نفسها عن الجليد القديم
لجدار الجسم ، وتأخذ فى الانقسام والتضاعف العددي ، وبعده تنتظم

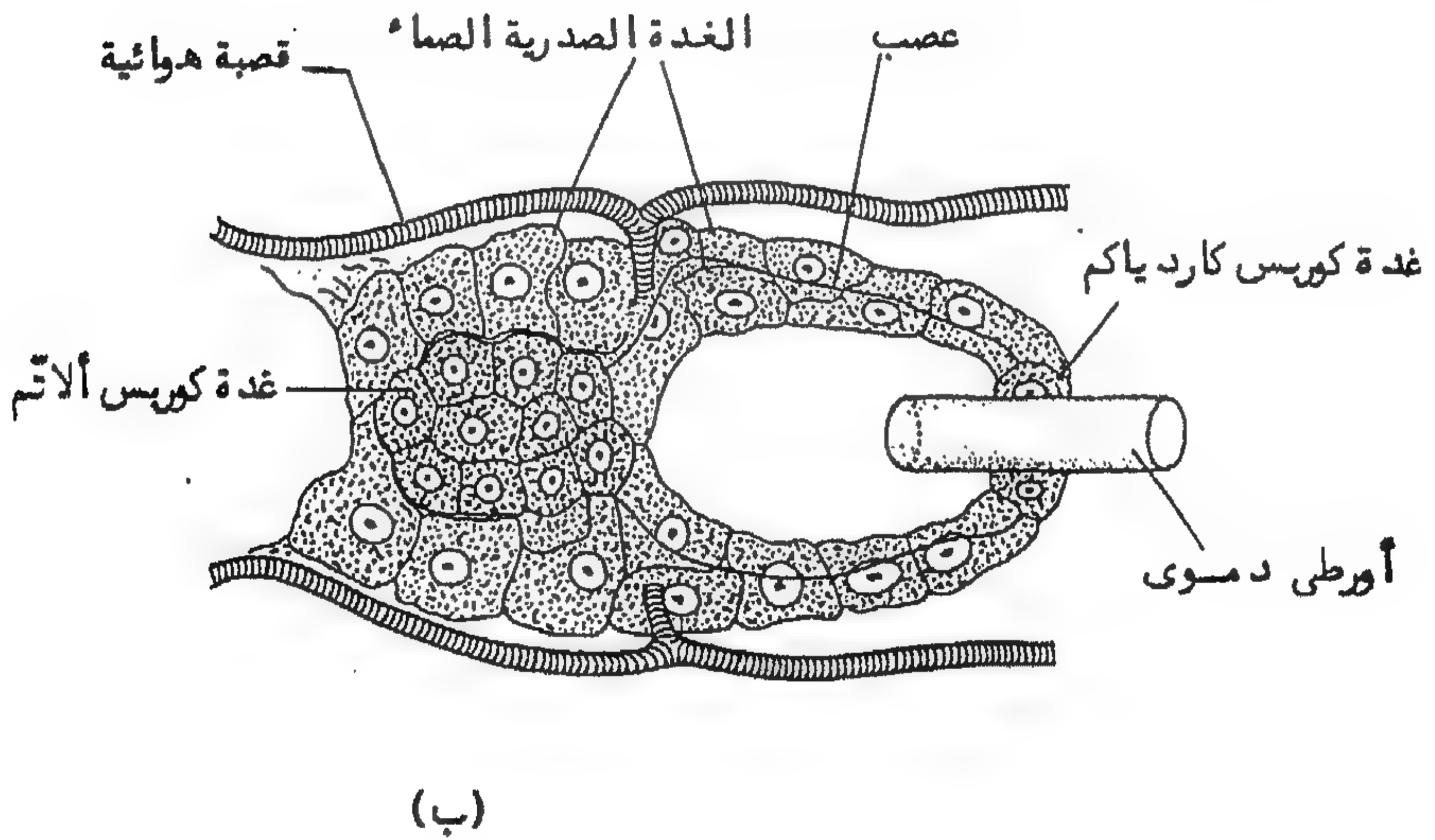
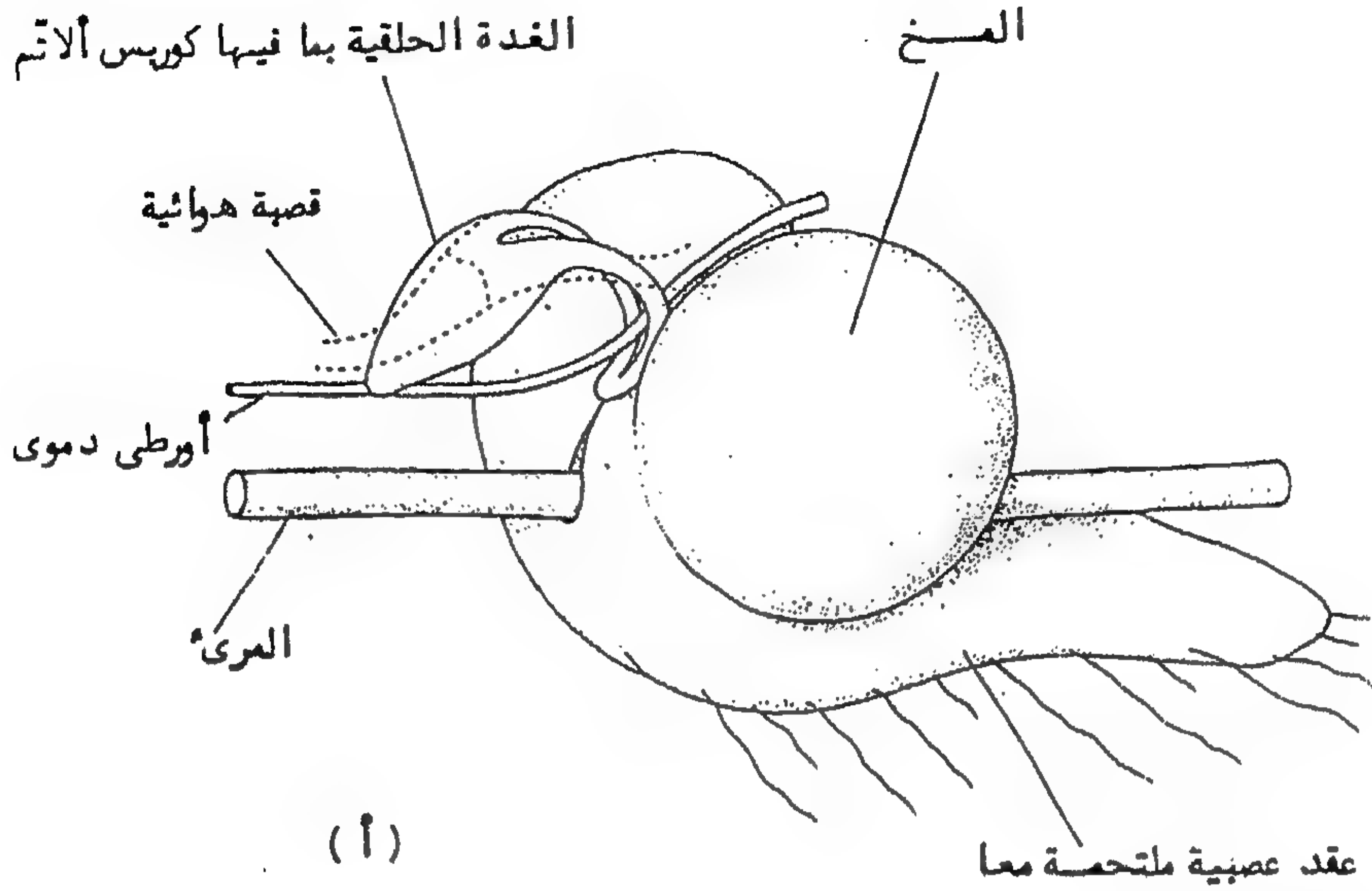
فى شكل محدد لتفرز خامات الجليد الجديد^x ، كما أن نفس هـذه الخلايا تقوم بافراز انزيمات تذيب بها الطبقات الداخلية للجليد القديم ، والذى فى النهاية تخلعه الحشرة وتطرحه عن نفسها ؛ وفى غضون هـذه العملية ، تقوم العضلات والاعضاء الداخلية المختلفة بقطع أشواط من النمو الضرورى فى حياة الحشرات . ولا بد آنذاك من توارد متواصل لهرمون الانسلاخ فى مناطق النمو المختلفة وذلك حتى تدعم عملية نموه العام ويوافرها .

يتباين الشكل التشريحي للاعضاء العصبدموية والغدد الصم كثيرا فى الحشرات المختلفة ، فنجدها فى أنواع من الحشرات ذات الجناحين فى شكل عضو مركب يسمى " الغدة الحلقية " Ring gland . (شكل ٦) ، التى فيها يلتحم كل من الغدد : كوربس الاتسـم ، كوربس كاردياكم ، والغدة الصدرية (التى توجد على جوانب هذه التركيبية) ، وتحيط هذه التركيبية المعقدة بالاورطى الدموى حيث تقع الكوربس كاردياكم فى جهته السفلى .

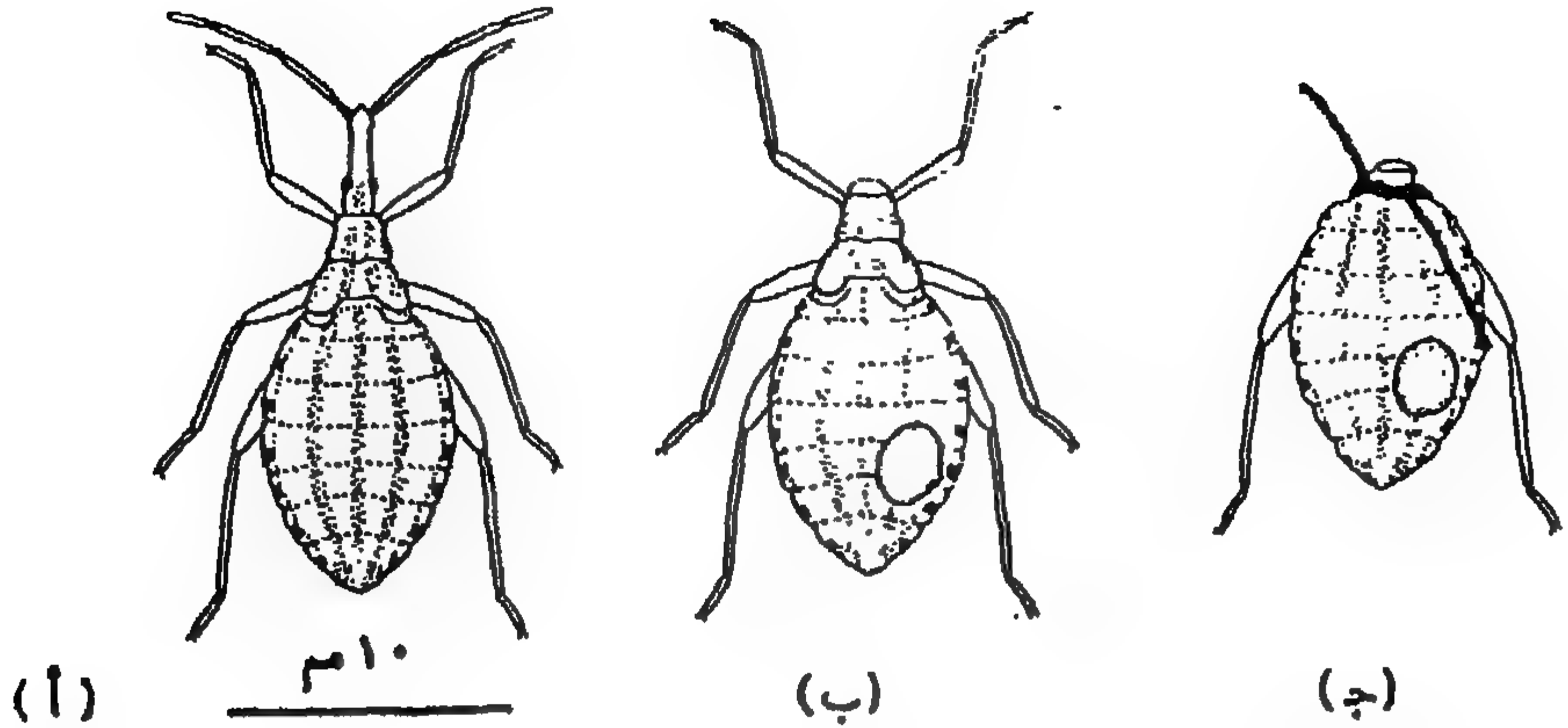
التحكم فى الانسلاخ فى بقعة الرودنياس :

تمثل البقعة الماصة للدم ، Rhodnius prolixus (شكل ١١ ب) ، وهى التى يبلغ طول الحشرة اليافعة فيها ٢ سم ، حشرة مفيدة فى دراسة دور الهرمونات فى النمو ، ويرجع ذلك الى أنها

x طبعا هذه الاحداث تتم ابان عملية انسلاخ جدار الجسم لتجديد جليده ، وهى عملية ضرورية فى الحشرات لامكانية نمو الجسم وتحوله من طور الى طور ومزاولة حلقات الحياة المتتابعة (المترجم) .



شكل (١) : (أ) رسم تخطيطى للجهاز العصبى المركزى والغدد الصم فى ذبابة الفاكهة .
(ب) رسم تخطيطى يوضح بالتفصيل "الغدة الحلقية" .



شكل (٧) : (أ) الدور البرقي الرابع العادي في قة الرودنياس • (ب) الدور السابق نفسه بعد قطع رأسه سوف ينسلخ لو نقل واستزرع في بطنه مخ نشاط أو غدة صدرية صماء • (ج) الدور البرقي نفسه بعد ربط الجسم عند العقلة الصدرية الأخيرة ، سوف ينسلخ فقط اذا نقلت واستزرعت فيه غدة صدرية صماء نشطة •

تكوين جليد جديد تحت الجليد القديم لجدار الجسم • ويمكن تفسير هذه الملاحظة بأن هرمون الخلايا العصبية الإفرازية المنزوعة قسام بتنشيط الغدة الصدرية الصماء وهي التي قامت بإفراز هرمون الانسلاخ لتنفيذ هذه العملية لجدار الجسم • هل هرمون المخ هو المشرف المباشر على عملية الانسلاخ؟ أم أن هناك جهة أخرى غيره تقوم بالإشراف على هذه العملية؟ لمعرفة الجواب نلاحظ الخطوة التجريبية الآتية : في يرقة ما من هذه الحشرة ، وبعد اغتائها مباشرة ، يربط البطن من بدايته وتقطع منطقة الصدر ومعها الرأس ؛ تجري لهذا البطن المعزول (شكل ٧ ج) عملية استزراع خلايا عصبية إفرازية منقولة من مخ يرقة أخرى مرافقة ، فنلاحظ عدم ظهور بوانر عملية الانسلاخ أو ما يدل على بدايتها ، بينما في حالة استزراع غدة صدرية صماء نشطة بدلا من تلك الخلايا العصبية ، نلاحظ ظهور بدايات عملية الانسلاخ فقامت إفرازات هذه الغدة (أي هرمون الانسلاخ) بالتأثير المباشر على بشرة جدار الجسم ، فحثها على برمجة العملية والقيام بها •

بدء افراز هرمون الانسلاخ :

كما رأينا في بقعة الرودنياس ، فان تفريغ هرمون المخ التنشيطي من الخلايا العصبية الافرازية الموجودة في المخ ، لا يبدأ الا بحسب عصبى آت من مؤثر اصيل ، Proprio ceptive organs ، (وهو حالة الشد في البطن المنتفخ بعد الشبع) داخل الجسم منتقل عبر اعصاب معينة ليصل الى المخ . هناك مؤثرات أخرى تقوم بتأثير مضاد وعمل على ايقاف افراز هرمون المخ وبالتالي تثبيط نشاط الغدد الصدرية المم فلا تحدث عملية الانسلاخ في يرقات بعض الحشرات كالذبابة الزرقاء Lucilia أو فراشة الشمع Galleria . ومن هذه المؤثرات فعل عملية الاغتذاء ، الظروف البيئية العسيرة ، أو اتخاذ جسم الحشرة لوضع غير معتاد له في وسط المعيشة .

وفي حالة دودة التبغ المقرنة Manduca ، يلاحظ أن اتخاذ آخر دور يرقى لحجم أو وزن معين يبدو أنه طريقة لدفع اليرقة الى السعى نحو تنفيذ عملية انسلاخ ، الا أن المؤثر المطلوب يأتي من قبل الخلايا العصبية الافرازية فقط عند ساعة محددة خلال النهار . تؤدي المؤثرات الكهربائية ، كالنبضات العصبية الطبيعية ، الى تفريغ الهرمون من نهايات محاور خلايا غدة الكوربس كاردياكم . ثم عند وصول غدة الصدر الصماء ، يقوم هذا الهرمون بحض خلاياها على تصنيع ونتاج وافراز هرمون الانسلاخ بطريقة "المرسل الثانى والدورى" ، Cyclic AMP .

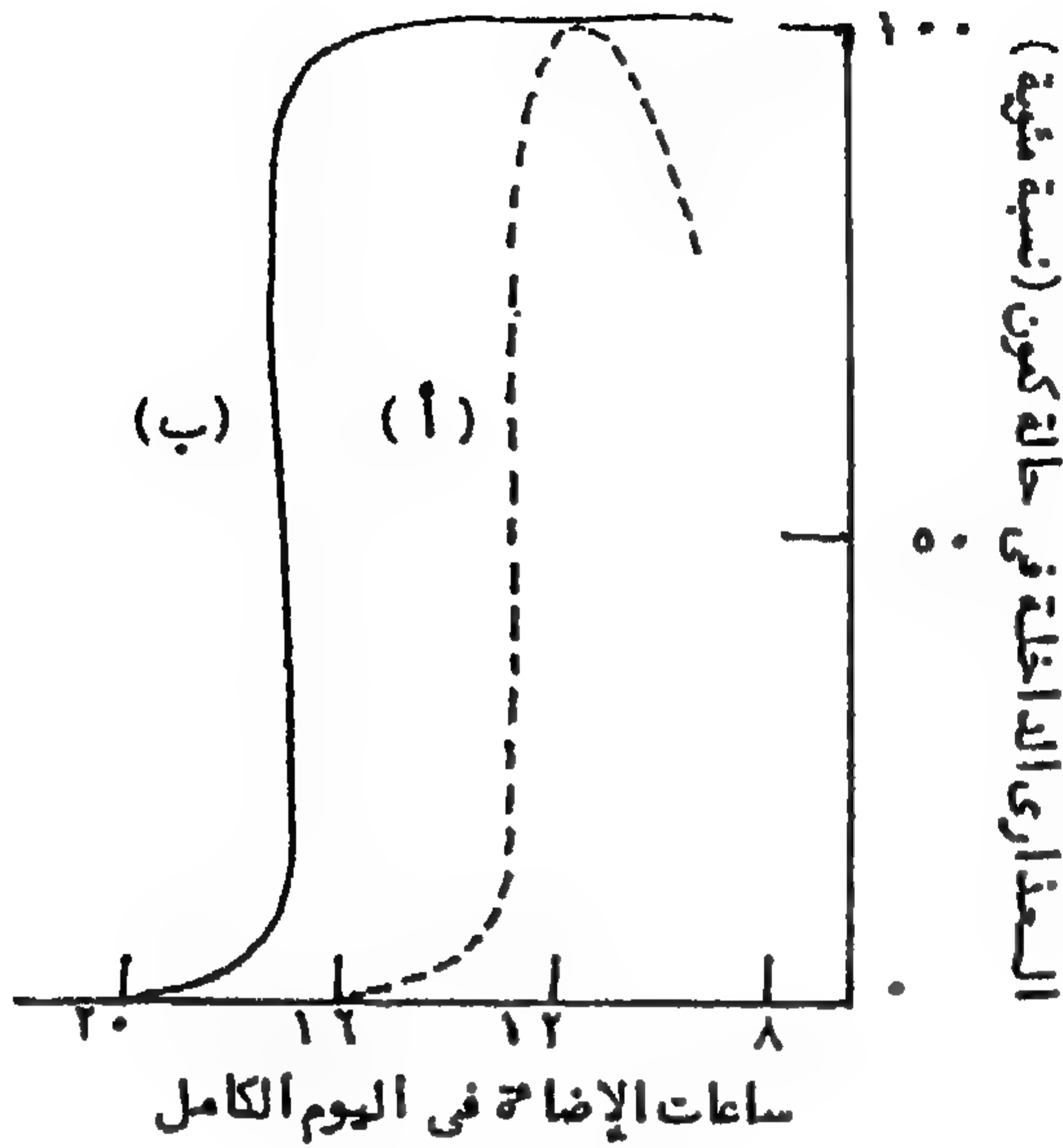
علاقة هرمون الانسلاخ بعملية الكمون (أو الخمود) فى الحشرات :

تؤدي عملية قطع رأس يرقة بقعة الرودنياس الى توقف النمو ودخول الحشرة فى حالة من السبات المشابه للتوقف الطبيعى فى النمو المسمى "الكمون" - وهو الذى يحدث أثناء ظروف مناخية أو بيئية عسيرة كبرد الشتاء أو حرارة وجفاف الصيف . مما يدعو الى امكانية حدوث

الكمون نتيجة لتوقف الافرازات الهرمونية في الحشرة* ، معنى ذلك أن حدوث كمون (أو خمود) في يرقة أو عذراء (وتسمى أحيانا "خادرة") يعزى الى فشل الافراز الهرموني للغدة الصدرية الصماء ، او المخ بصفة اساسية . أثناء تقضية العذارى لفصل الشتاء ، فان الخلايا العصبية الافرازية في دودة الحرير العملاقة ، *Hyalophora cecropia* تكون في حالة غير نشطة ، ومن ثم تصبح مثقلة بالمنتج الافرازى دون تفريغ له خارج المخ ، ثم يأتى النشاط لهذه الخلايا واستئناف قدرتها على تفريغ محتوياتها الافرازية ، بعد تعرض الحشرة لفترة طويلة لدرجة حرارة منخفضة . ولوحظ أيضا أن نقل مخ واستزاعه في حالته النشطة — بالطريقة المذكورة سابقا — في عذراء خامدة سوف يوءدى الى انها فترة الخمود . ومعاودة النمو من جديد .

هناك عوامل مؤثرة مختلفة توءدى الى ايقاف افراز الهرمون ، وبالتالي يتسبب عنه دخول الحشرة في كمون شتوى ، وأكثر العوامل أهمية هو قصر طول النهار في فصل الخريف ، حيث تقل فترة الاضاءة اليومية ، وهو المؤثر الذى ينفذ عبر جلد الجسم ليصل الى المـنـخ مباشرة دون أن يكون للعيون دخل في عملية توصيله (شكل ٨) . فى المناطق المعتدلة ا لمناخ ، وجد أن طول النهار الذى يوءدى الى احداث كمون للحشرة يختلف تبعا لخط العرض . فمثلا : أنـسـواع الحشرات حرشفية الاجنحة التى يمتد انتشارها لخطوط عرض كثيرة ، تكون سلاسل وراثية كل واحدة منها متكيفة للاستجابة مع فترة اضاءة يومية معينة . أما التأثير الفسيولوجى لطول النهار فانه يوءجل السي وقت طويل ؛ فالكمون الذى يدخله آخر دور يرقى في ذبابة اللحم *Sarcophaga* يمكن تحديده بدلالة النهار القصير (أى فترة الاضاءة اليومية القصيرة) الذى تستقبل ضوءه الاجنة النامية في بطن الام بعد أن تنفذ اليها . الاشعة الضوئية من جليد جدار البطن . أما في المناطق

x فمن المعروف سابقا أن أغلب مصادر الهرمونات توجد في منطقة الرأس (المترجم) .



شكل (٨) : تأثير فترة الإضاءة اليومية
أثناء الحياة اليرقية وذلك على حدوث
حالة الكمون في عذارى نوعين من
الحشرات حرشفية الأجنحة .
(أ) *Grapholitha molesta*
في كاليفورنيا .
(ب) *Acronycta rumicis*
في روسيا .

الاستوائية ، فلا تتأثر الحشرات بطول النهار ، بمعنى أن فترة الإضاءة اليومية ليس لها دخل في أحداث الكمون لهذه الحشرات ، وإنما الذي يتدخل في ذلك هو الحرارة ، فتأقبات الذرة الغرب جنوبية *Diatraea* ، ينتهى كمونها إذا ارتفعت درجة الحرارة المحيطة بها عن ٣٠°م حتى ولو كان النهار قصيرا . أما الحشرات الموجودة عند خطوط العرض الشمالية ، فيمكن إيقاف كمونها ووضع نهاية له إذا تعرضت فقط لدرجات حرارة منخفضة لفترة طويلة ، ويرجع هذا إلى أن العمليات الفسيولوجية المتعلقة بالكمون لا تتم إلا عند درجات حرارة منخفضة . وعلى العكس من ذلك ، فإن الكمون في حشرات المناطق الحارة تحتاج فترة من البقاء عند درجة الحرارة العالية . ففي هذه الحشرات تكون درجة الحرارة المثلى المطلوبة لعملية " الكمون الانمائي " عالية القيمة . وعموماً ، فإن فترة طول النهار نفسها تتحكم في إنهاء عملية الكمون في أغلب الحشرات . وفي بعض الحشرات ، كيرقات أنواع معينة من الرعاشات وأبى دقيق اليابانى *Luehdorfia* فإنه لا يعترها سوى كمون قصير المدة ، لكنها تبقى خاملة في درجة الحرارة المنخفضة أثناء أشتائها حتى يأتها دفء أيام الربيع القادمة .

كيفية أداء هرمون الانسلاخ لعمل :

كان أقدم تأثير استطاع الباحثون ملاحظته على هرمون الانسلاخ في بقة الـ *رودنيي* هو تنشيط خلايا البشرة الخاملة وظهور التغيرات المطلوبة لاستئناف عملية تصنيع البروتين (ومن ثم النمو) ؛ ففي غضون ساعة أو أكثر قليلا ، تبدو عملية تصنيع حمض الريبوز النووي RNA واضحة حيث تتضخم نويات الخلايا ويكثر في سيتوبلازمها البروتينات الريبونوية ، وأيضا يكبر حجم وتتعدد وحدات الميتوكوندريا ؛ وهي تغيرات لا تعزى ببساطة الى عملية التغذية ، وانما الى شيء آخر لانها تحدث فقط في وجود هرمون الانسلاخ ، كما أنها تؤدي الى ارتفاع ملحوظ في معدل استهلاك الاكسجين .

ومبدئيا ، فان استئناف عملية تصنيع البروتين يمكن اعتباره إعادة تنشيط عام لخلايا البشرة والذي ربما يرجع الى تأثير الهرمون على خاصية الفعالية في سيتوبلازم وأنوية هذه الخلايا . وعلى أية حال ، فلقد أصبح واضحا الآن الاعتقاد بأن هرمون الانسلاخ يؤدي دوره في هذه الخلايا بتأثيره على الجينات Genes او المورثات نفسها في الانوية . فعند تعرض أنسجة الغدد اللعابية في يرقات حشرة الدروسوفيل *Drosophila* أو الهاموش *Chironomus* لجرعات من الهرمون ، فان أحزمة أو أشرطة معينة على الكروموزومات (أو الصبغيات) اليوليتينية العملاقة تصبح مرئية وتأخذ شكل انبعاجات Puffs ، وبعضها يظهر بعد ١٥ دقيقة من لحظة المعاملة الهرمونية ، بينما يظهر البعض الآخر بعد ساعة أو ساعتين (شكل ٩) . ومن المعتقد أن أحزمة الكروموزومات تمثل مواقع جينية خاصة على الكروموزومات ، كما أنه من المعتقد أيضا ان أحماضا ريبونوية مرسلة (m RNA) تصنع كخطوة أولى في عملية انتاج بروتينات انزيمية خاصة لازمة للنمو والانسلاخ . ولقد وجد أن حقن هرمون الانسلاخ في حشرة الدروسوفيل يؤدي الى دورة من الانبعاجات تتضمن ١٥٠ انبعاج تقريبا ، وكثير منها يظهر نتيجة لعمليات بدأتها انبعاجات ظهرت مبكرا ، وهي انبعاجات تبدو في تتابع منتظم في كافة أرجاء جسم الحشرة .

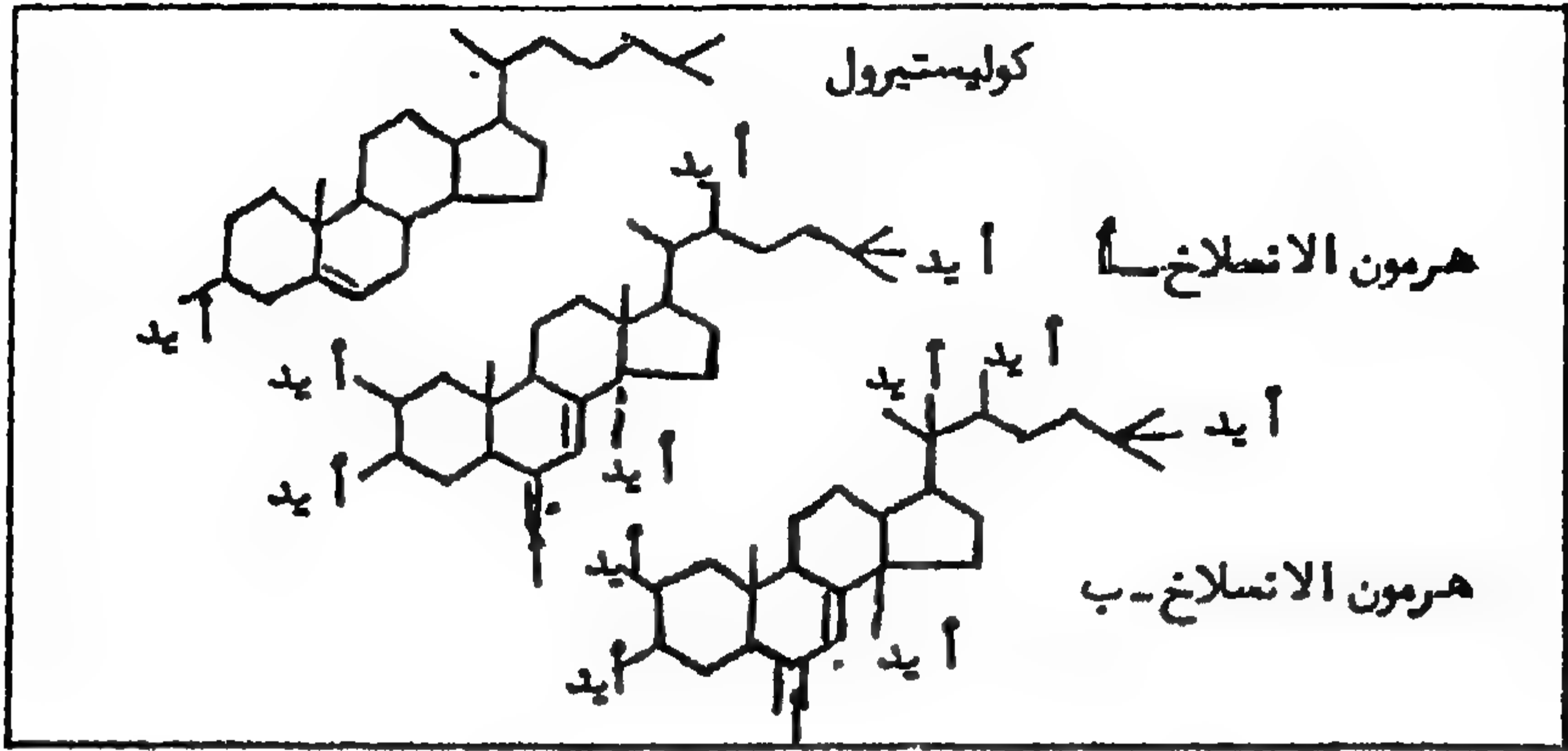


شكل (٩) : الانهجاج الحادث في الموضع ١٨ - جعل على الكروموزوم رقم "١" في الغدد اللعابية لحشرة الهاموش بعد حقنها بهرمون الانسلاخ . (أ) الحالة العادية بدون حقن . (ب) الحالة بعد ٣٠ دقيقة من الحقن . (ج) الحالة بعد ساعتين من الحقن .

التركيب الكيميائي لهرمون الانسلاخ :

في سنة ١٩٥٣م تم العزل الكيميائي لهرمون الانسلاخ من عذاري ذودة الحرير ، وثبت أنها مادة استيرويدية Steroids ذات علاقة بالكوليستيرون ، والذي يتم تصنيعها منه بواسطة الغدد الصغرى الصم . وتتميز هذه المادة بأنها أكثر المواد الاستيرويدية ذوباناً في الماء لان جزيئاتها مزودة بعدد من مجموعات الهيدروكسيل أكثر من غيرها . توجد لهذا الهرمون عدة صور في الحشرات ، أولها اكتشافا هو هرمون الانسلاخ - أ ، (α -ecdysone) وهيكله الكيميائي موضح في شكل (١٠) بالمقارنة بالكوليستيرون . وتقوم الغدة الصدرية الصماء بافراز هرمون الانسلاخ - أ ، والذي عند تعرضه للجسم الدهني *
*

* يطلق لفظ "الجسم الدهني" على كميات كبيرة منتشرة في تجويف الجسم العام من الأنسجة الدهنية التي تعتبر مواقع إنتاج عدد من المركبات الكيميائية الضرورية للجسم ، وبالتالي فيعتبر هدفاً للتأثير كثير من الهرمونات والانزيمات (المترجم) .



شكل (١٠) : الصيغ الكيميائية الهيكلية لهرمونات الانسلاخ (أ، ب)، مقارنة بالكوليستيرول، لايضاح توزيع مجموعات الهيدروكسيل.

والبشرة وبعض الانسجة الاخرى بالجسم ، يتحول بسرعة الى صورة أخرى أكثر فاعلية ونشاط هي هرمون الانسلاخ الهيدروكسيلي - ٢٠ ، وهو المعروف بالاسم " هرمون الانسلاخ - ب" (β -ecdysone or ecdysterone) . وهذه هي الصورة الهرمونية التي يؤثر بها الهرمون مباشرة في عملية الانسلاخ . ومن الامثلة التي توضح أن فعالية (ب) أكثر منها في (أ) ، فان مقارنتهما بالنسبة للتأثير على نمو وتكوين براءم اعضاء الشكل اليافع في حشرة الدروسوفيللا تثبت تفوق فعالية الاول عن الآخر بحوالى ٢٠٠ مرة . وربما يختلف التأثير الذي يقوم به هرمون الانسلاخ - أ عما يقوم به الهرمون - ب خلال عملية الانسلاخ المعقدة . وأما عن مناطق وجودهما فلقد تم الكشف عنهما في كثير من أنسجة الحشرات اثناء عملية التثام الجروح ، لكليهما أكثر شيوعا في عملية الانسلاخ ؛ كما أن وجودهما غير قاصر على الاطوار غير اليافعة في الحشرات بل توجد الصورتين في الطور اليافع خصوصا في مبايض الاناث البوالغ .

على الرغم من أن الغدة الصدرية الصماء تعمل كمركز جيد لتصنيع وافراز هرمون الانسلاخ ، الا أن التجارب قد بينت في يرقات خنفساء البطاطا *Leptinotarsa* ودودة الحرير *Bombyx*

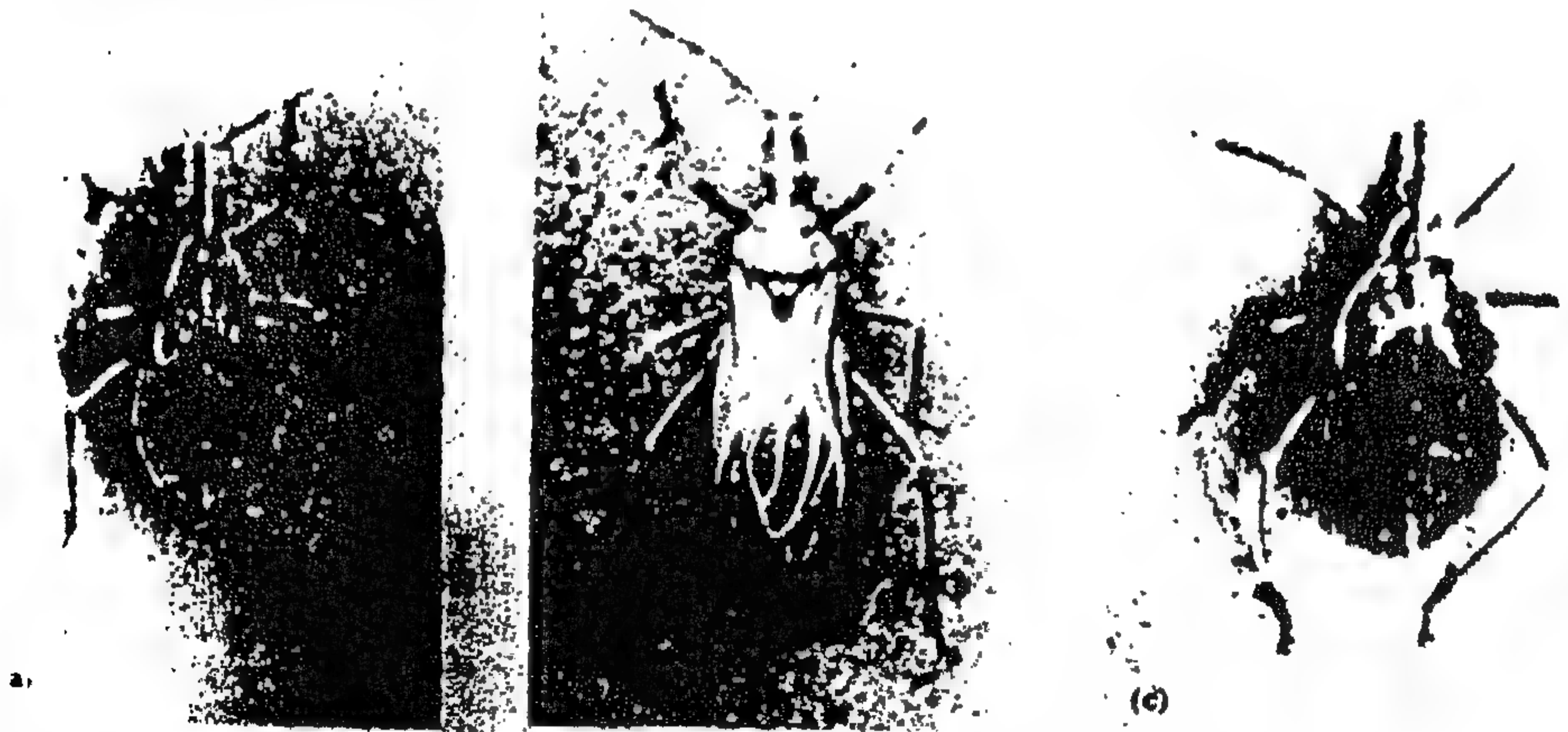
وبرقات حرشقيات أجنحة أخرى ، أن بطن الحشرة المقطوع من الجسم لديه القدرة على تحويل ا لكوليستيرول المميز بحلية ما الى هرمون انسلاخ مميز بنفس الحلية ؛ وربما تكون الغدة الصدرية الصماء لها دور في اعانة هذه الانسجة البطنية على تصنيع هذا الهرمون او تحويله من مادة أخرى .

تقوم مركبات هرمون الانسلاخ المشتقة بوسائل كيميائية باحداث تأثيرات مماثلة للهرمون الطبيعي ، وذلك عند حقنها في جسم الحشرة . فان أغلب الحشرات يمكنها استكمال انسلاخها اذا أعطيت الواحدة منها جرعة هرمون خارجية تقدر بحوالى ١٠ ميكروجرام في الجرام . وليس هذا وفقا على الاطوار غير الناضجة من الحشرة ، بل يضطر الطفسوس اليافع الى الانسلاخ اذا حول جدار جسمه بجرعة هرمون خارجية عنه . لقد اصبح من المألوف للنظر كثيرا ، أن مؤنلا استيرودية قابلة للتحويل في الماء من هذا النوع قد وجدت منتشرة في نباتات عديدة ، وبعضها يشبه الى حد كبير هرمونات الانسلاخ في الحشرات من حيث التركيب الكيميائي . وهي موجودة بوفرة في المجموع الخضرى لنبات الطفسوس (وهو من الفسيلة السنوبية) وكذا سويكيات النباتات السرخسية .

الهرمونات والتحول

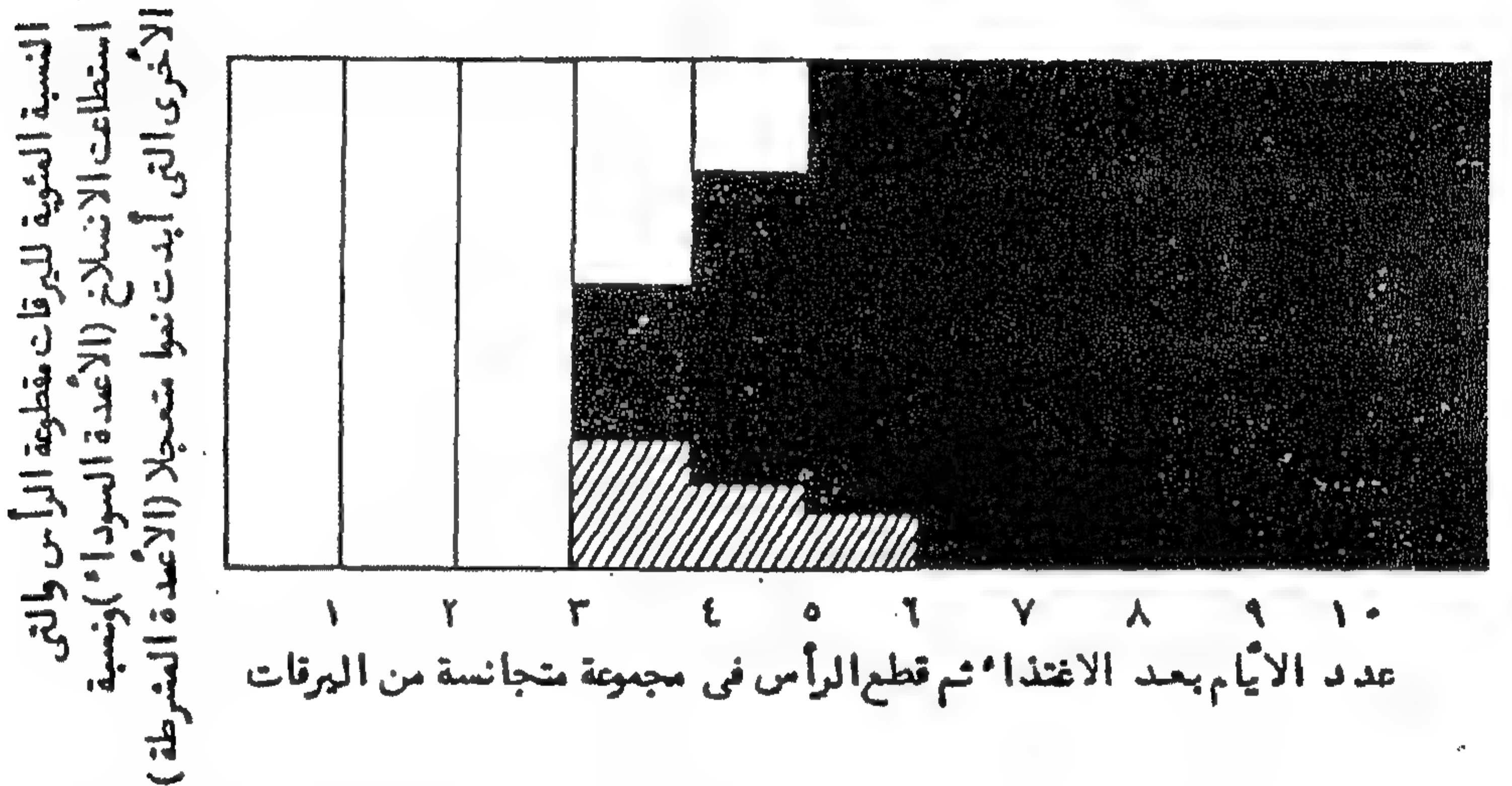
بدأ اهتمامنا فيما سبق من شرح متعلقا بعمليات بدء وتوطيد النمو في الحشرات ، لكننا الان سوف نركز انتباهنا نحو التفصيلات الحادثة في الشكل الظاهري للحشرة ، وان كان ذلك يعد دلالة مشاهدة لعملية النمو الجارية فيها .

تعتبر بقة الرودناس الحشرة الاولى التي أمكن من خلالها التعرف على الطبيعة الهرمونية للتحكم في عملية التحول في حياة الحشرات . تمر حياة هذه البقة في مراحل هي - بعد فقس البيضة - خمسة أدوار برقية متشابهة في المظهر العام . ينتقل كل دور إلى مسا يليه بصلية انسلاخ ، ولكن ينتهي الانسلاخ الأخير (للدور اليوقسمي الخاص) لتتحول الحشرة به إلى الطور اليافع ذو الاجنحة والنفسي (شكل ١١ ب) . وكما رأينا عند الحديث عن هرمون الانسلاخ ، فان قطع رأس يرقة البقة - محل الدراسة - خلال الايام القليلة الاولى بعد تناولها لوجبة دموحدة ، يؤدي إلى عدم تمكنها من



شكل (١١) : التحول في بقة الرودناس . (أ) الدور اليرقي الخامس . (ب) الطور اليافع العادي . (ج) يرقة عملاقة (دور إضافي هو السادس في العدد) نتجت بعد نقل غدة كوريس الأنثى من دور يرقي رابع ثم استقرت عندها في يرقة من الدور الخامس .

النمو او قدرتها على تكوين جليد جديد (وهو الدلالة المظهرية لحدوث عملية انسلاخ) . واذا تم قطع رأس البيرقة بعد مضي اسبوع أو أكثر من تناولها لوجبتها الغذائية ، فانها تستطيع أن تكمل عملية النمو وتكوين الجليد الجديد ، الا أنها تصبح غير قادرة على خلع جلدها القديم وطرحه عن جسدها . وبناءً على هذه المعلومات ، فان " فترة حرجة " Critical Period في حياة البيرقات يمكن تحديدها بدلالة الاستكمال السريع لتكون الجليد في مستوى خرج من النشاط (شكل ١٢) .



شكل (١٢) : الفترة الحرجة في الدور اليرقي الثاني أثناء حياة بقعة الرودناس . يتضح من الرسم فشل تنفيذ عملية الانسلاخ في البيرقات بعد قطع رؤوسها بثلاثة أيام . النسبة المئوية لليرقات القادرة على تنفيذ الانسلاخ ترتفع لتصل الى ١٠٠% أثناء الفترة الحرجة (الايام ٣-٥ : الأعمدة السوداء) ، فيما بين البيرقات التي انسلاخت بعد قطع رؤوسها أثناء الفترة الحرجة : تناقص نسبة المنسلخ توضع عملية التحول المتعجل (الأعمدة المشرطة) .

عند اجراء عمليات قطع الرأس لعدد كبير من يرقات هذه البقعة (في أدوارها الثاني والثالث والرابع) وهي لا تزال في الفترة الحرجة وجليدها القديم قد بدا منخلعا من الجسم حيث تمت عملية الانسلاخ ؛ فان كثيرا من هذه البيرقات تخضع لتحول متعجل (Precocious metamorphosis) فتنمو الى شكل يافع ضئيل الحجم (شكل ١٢) . يدلنا هذا بشكل قاطع على أن في رأس البيرقة ينتج هرمونا متخصصا في إيقاف (أو منع) عملية التحول في جسم الحشرة .

ولقد أدت هذه التجارب الى اكتشاف غدة الكوريس الاتسمى
(Corpus allatum) (يوجد منها زوج فى أغلب الحشرات ويسمى
كوربورا الاتا) ، وهى غدة صماء صغيرة الحجم مرتبطة ارتباطا وثيقا
بغدة الكوريس كاردنياكم (شكل ٤) ، وهى مصدر هرمون يسمى " هرمون
الشباب أو الصبا أو الحداثة " (ه ش) Juvenile hormone ،
هو الذى يعمل على منع حدوث عملية تحول الحشرة الى طورها اليافع .

وزيادة فى الايضاح ، فلن يرقى بقية الرودنيس تقوم بافراز هذا
الهرمون اثناء الساعات الاربع الاولى فى حياة كل دور يرقى ، ولكن
فى الدور اليرقى الاخير لا تقوم الغدة المسئولة بافراز هرمون الشباب
بالقدر المطلوب لتوطيد الصفات اليرقية ، ومن ثم تحدث عملية تحول
يفوعية فى شكل الجسم . ولقد وجد أن استئصال غدة الكوريس الاتم من
الادوار اليرقية المبكرة* ثم استزاعها فى بطن الدور اليرقى الاخير
(أى الخاص) ، ليوئدى الى انسلاخ هذا الدور الى طور يافع — كالمعتاد
— وانما الى دور يرقى اضافى عملاق (شكل ١١ ب) .

من الملاحظ أن ميكانيكية التحكم فى التحول تحدث فى كسل
الحشرات ، فالحشرات العصوية العملاقة Carausius ، وبراكات
فراشة الفحيح العملاقة Tenebrio يمكن ان تتكسبون اذا
زرعت فى اجسامها غدد صم حديثة من نوع كوريس الاتم . وعلى العكس
من ذلك ، فان ازالة زوج الغدد المنكورة من احدى براكات دودة الحرير
حديثة السن ، تتسبب فى تحولها الى عذراء بالغة الصغر والتي بعد
فترة تخرج منها فراشة ضئيلة الحجم ، لكنها قادرة على وضع البيض
(شكل ١٣) .

ولعدة سنوات ماضية لم يتم التعرف على نظام التحكم فى التحول
فى الانواع الراقية من الذباب ، وان كان معروفا انه عند نقل غدة
كوريس الاتم من جسم بقية الرودنيس الى جسم يرقى الذباب الازرق

* يقصد بذلك جميع الادوار اليرقية منذ لحظة فقس البيض حتى
قبل ظهور الدور الاخير مباشرة (المترجم) .

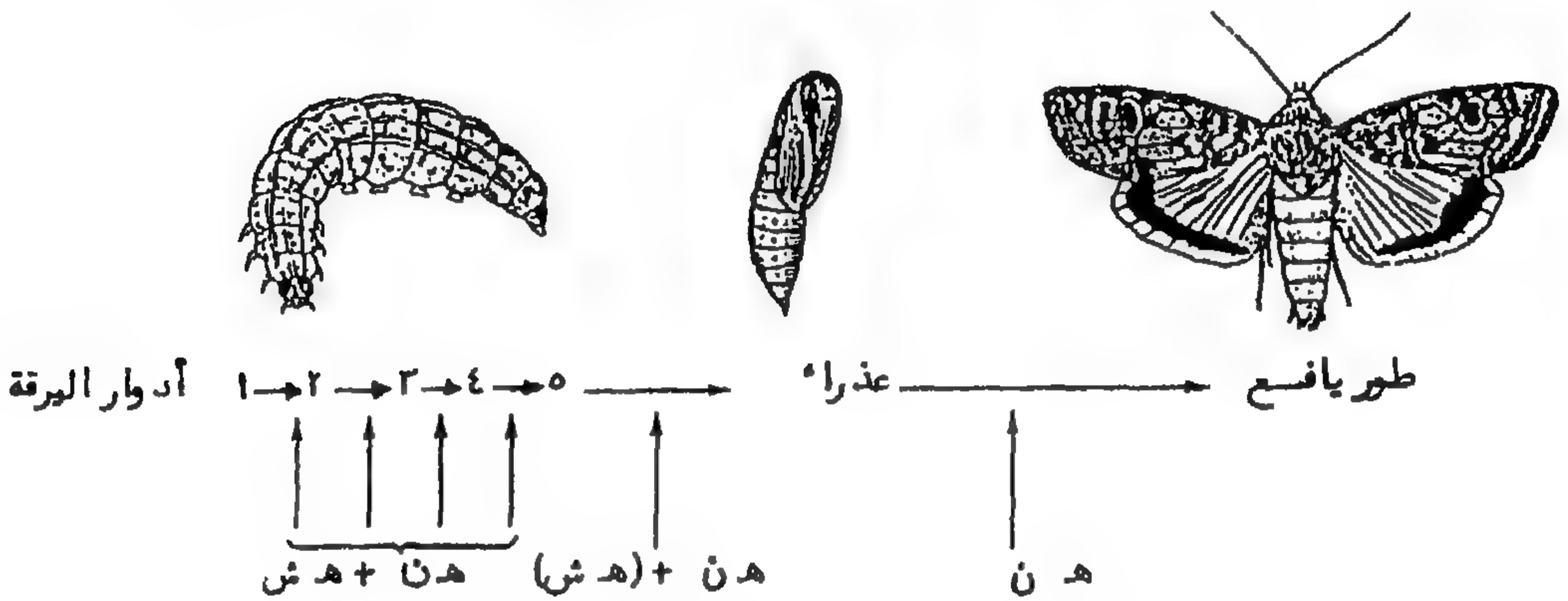


شكل (١٣) : (أ) عذراء دودة الحبر ناتجة بعد إزالة غدد كهيبرالاتا من إحدى برقات الدور
البرقي الثالث . وعلى بعضها عذراء نتجت بعد إزالة نفس الغدد لكن من الدور البرقي الرابع . ثم
عذراء صادية تحولت من الدور البرقي الخامس دون إزالة شيء منه . (ب) الطير البافع الناتج
من كل من العذارى الثلاثة السابقة .



• Calliphora مثلا ، فانها تقوم بافراز هرمون الشباب فيها .
ولقد ثبت حديثا أن نفس الاسس العامة لنظام التحكم في عملية
التحول موجودة في حشرة الدروسوفيلا ، Drosophila وغيرها
من الحشرات ذوات الجناحين .

فى الحشرات الراقية — كالحشرات حرشفية الاجنحة والحشرات غشائية الاجنحة — حيث يكون التحول كاملاً^{xx} ، يقوم التركيز العالى من هرمون الشباب المطروح فى الدم بالعمل على ابقاء الشكل اليرقى (أى الصفات الشبابية فى الحشرة) ، ولكن اذا هبط هذا التركيز الى مستوى منخفض جدا ، فان اليرقة لا تتسلخ الى يرقة أخرى وانما تتسلخ لتتحول الى عذراء ، ثم ان اختفاء هرمون الشباب نهائيا فى هذه العذراء يوءدى الى امكانية تحولها الى طور يافع (شكل ١٤)



شكل (١٤) : فى الحشرات حرشفية الاجنحة : تظهر الاشكال اليرقية نتيجة وجود تركيز عال من هرمون الشباب ه ش فى وجود هرمون الانسلاخ ه ن . بينما تظهر عذراء الحشرة فقط اذا كان هرمون الشباب موجود بتركيز منخفض جدا (وهو المشار اليه فى الرسم بحاصرتين هلاليتين تحيطان حروفه المختصرة) أما الطور اليافع للحشرة فيظهر فى وجود هرمون الانسلاخ بمفرده فقط .

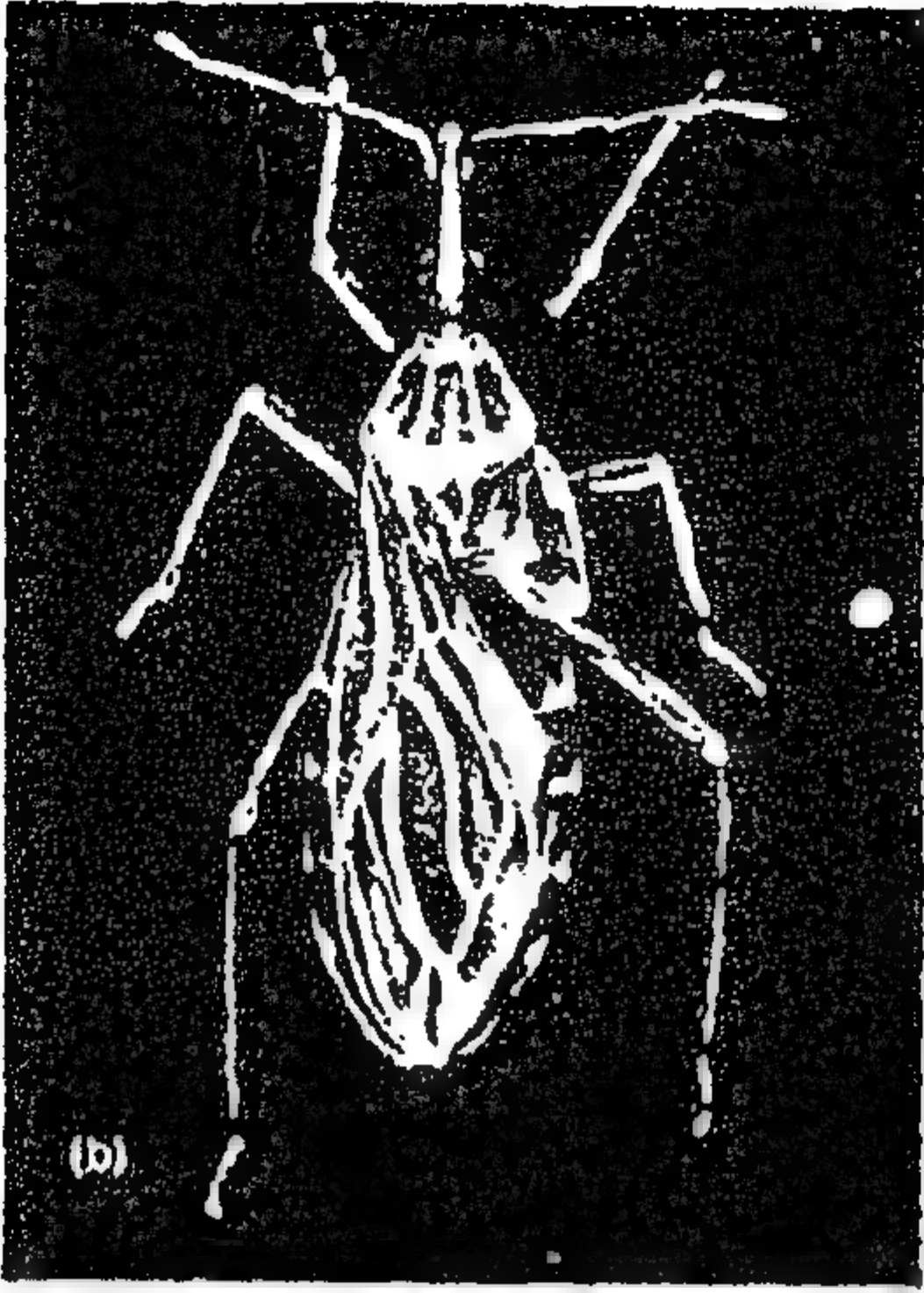
اذا تمت ازالة عدد الكوربورا الاتا من آخر دور يرقى فى نحل العسل او احدى يرقات الحشرات حرشفية الاجنحة ، فان اشكالا غريبة تظهر يحتار المرء فى تمييزها أهى عذراء أم هى طور يافع ، لانها تكون وسط بين هذا وذاك ، والذي حدث هنا هو قيام اليرقة منزوعة الغدد بالتحول مباشرة الى الطور اليافع دون المرور بمرحلة (أو طور) العذراء معنى ذلك أن استئصال غدد كوربورا الاتا من أحد الادوار اليرقية

xx أى تمر دورة حياتها فى الاطوار الآتية: بيضة — يرقة — عذراء — حشرة يافعة (المترجم) .

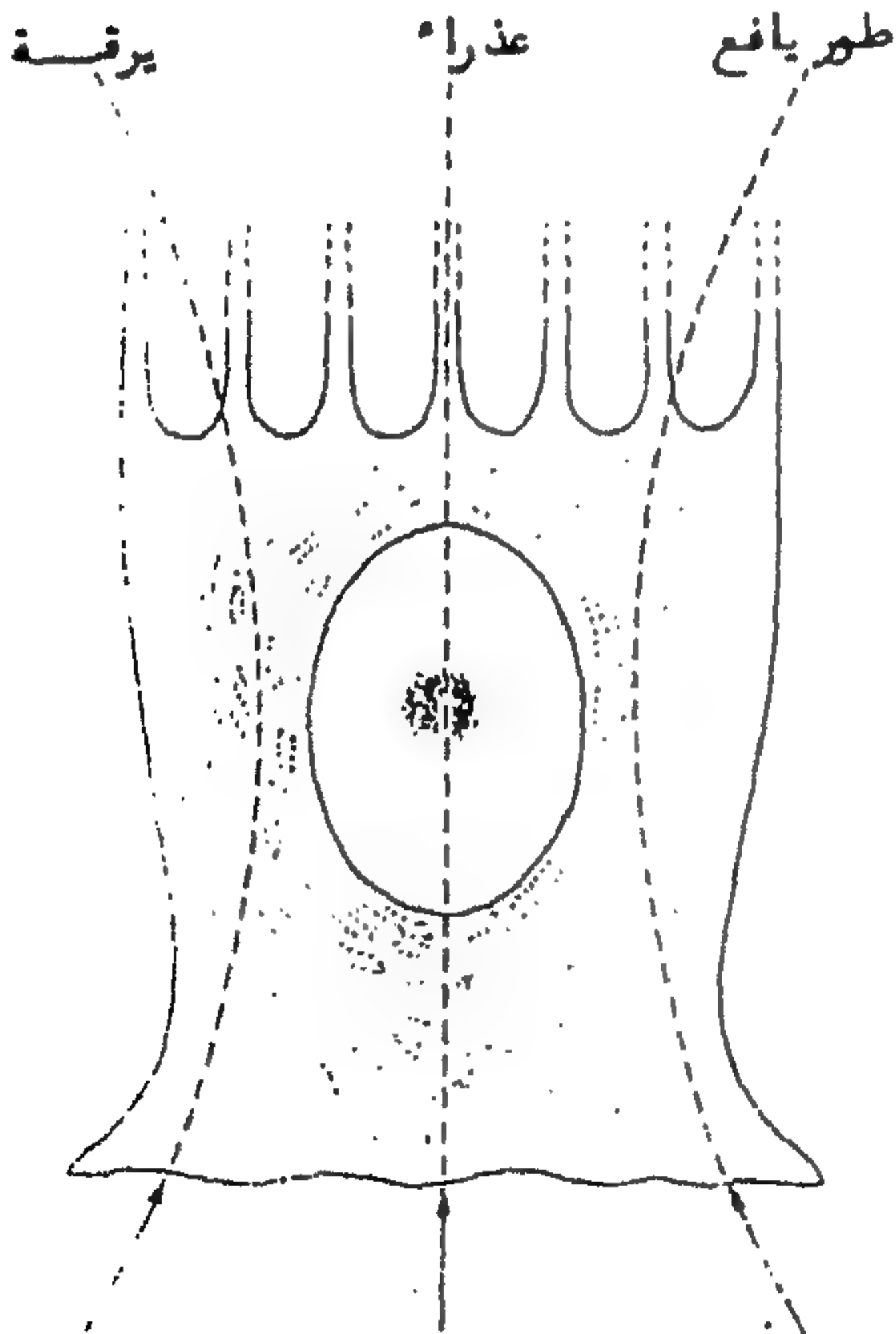
يوعدى به الى تجاوز دورها اليرقى الاخير واضطراره الى التحول مباشرة الى طور يافع (أى مكتمل الشكل الحشرى) . ويمكن تنفيذ هذه التجربة ببساطة فى الدور اليرقى الاخير لحشرة فراشة الشمع فيربسـط البطن عند نهاية العقلة الصدرية الوسطية ، ثم يغمس يوميا فى محلول من هرمون الانسلاخ الذائب فى الميثانول (وهو المذيب المناسب له) لمدة كافية تسمح بمروره خلال جليد الجسم ، فنشاهد ما يلى : اذا حدثت عملية الغمس اليومي لبطن اليرقة فى محلول هرمون الانسلاخ، بعد عملية الربط مباشرة فان كمية كافية من هرمون الشباب تكون حاضرة وهى التى تؤدى الى تكوين الشكل العذرى ، بينما اذا تم الاحتفاظ باليرقة مربوطة البطن لمدة ١٠ أيام دون معاملة خارجية بالهرمون لها، فان هرمون الشباب يختفى من الدم ، ومن ثم ينمو جليد جـسـدار الجسم فى هذه المنطقة البطنية ليأخذ شكل الطور اليافع ، حيث توجد عليه حراشيف .

طبيعة عملية التحول :

يؤدي هرمون الشباب دوره بطريقة موضعية على خلايا البشرة في جدار الجسم . فلقد وجد عند استزراع غدة كوربس الاتم في جسم بركة نامية ، أن جدار الجسم في موضع ادخال هذه الغدة المستزرعة ينسلخ الى جدار يرقى جديد ، بينما تتحول بقية الجسم الى شكل يافع (شكل ١٥) . ويبدو أن هذا الهرمون يؤثر في جينات خلايا البشرة سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، فينشط او يحرر الجينات المسئولة عن الصفات البرقية ، ويثبط (أو يوقف) عمل تلك المسئولة عن ظهور صفات الطور اليافع (شكل ١٦) . أما الجينات المسئولة عن ظهور شكل الطور العذرى ، فانها تحفز للقيام بعملها فقط عند وصول هرمون الشباب الى تركيز منخفض في الدم ، ويشترط لذلك وجود هرمون الانسلاخ معه (شكلا ١٤ ، ١٦) . يوضح لنا المثال السابق ، كيف تتحكم تغيرات العامل التشكلى (أى الهرمونات) في ظهور الاشكال الجسدية المختلفة في حياة الحشرة .



شكل (١٥) : (أ) القطع الظهرية في بطن الطور اليافع من بقعة الرودنياس ويتضح فيها وجود عقلة واحدة ذات مظهر يرقى نتيجة لتأثير المعاملة الموضعية ليرقة من الدور اليرقى الخامس ، بهرمون الشباب (مادته الخام مستخلصة من دودة الحرير العملاقة) . (ب) الطور اليافع وبه الجناح الأيمن في شكل بدائية جناحية (من المعتاد ظهورها في اليرقات) ، تحول من يرقة عوملت بنفس الطريقة المشار إليها سابقا .



شكل (١٦) : تخطيط نموذجي للتحكم في عمليات التحول في الحشرات . التنظيم الجينية موضحة على الترتيب : المسئولة عن الشكل اليرقى ، المسئولة عن الشكل العذري ، ثم المسئولة عن الشكل اليافع . ويأتى نشاطها في خلايا بشرية جدار الجسم بفعل تناقص تركيزات هرمون الشباب .

ه ن ه ش (هش) ه ش ه

تضطر خلايا البشرة في جدار جسم الدور البرقي الاخير من بقعة
الروندنياس - بسبب تعريضها لجرعة خارجية من هرمون الشباب - الى
تكوين جليد برقي جديد (وكان المفروض أن يتكون جليد الطور اليافع)
وقد امكن في الاونة الاخيرة السيطرة على وتوجيه خلايا البشرة الى
تكوين جليد الطور اليافع في اوقات مختلفة وفي مواضع متفرقة من جسم
البقرة ؛ كما أمكن تغيير عنصر الى آخر في مادة الجليد دون اعتماد
احدها على الآخر . كما يتم التغيير دون الاعتماد على الانقسام الخلوي
او تخليق مادة حمض الريبوز النووي الديوكسي (د . ن . أ DNA) ،
بيد أن تراكيبا معينة (كالاجنحة مثلا) لا تخضع لهذه العملية ، فانها
تواصل النمو حتى فيما بعد اكتمال عمليات التحول . بالاضافة الى هذا ،
ففي دودة التبغ المقرنة اثناء تغير الاتجاه من البرمجة للانسلاخ البرقي
الى البرمجة للانسلاخ العذري ، لا يوجد تخليق واضح لمادة د . ن . أ ،
أما خلال الفترة اللاحقة لنمو الطور العذري والتي تسبق تكوين جليد
الجسم لابد - بالطبع - من وجود انقسامات خلوية عديدة وتخليق
لمادة د . ن . أ .

يعتبر المخ مسئولا عن تحديد مواقيت التغيرات ا لحادثة في
تركيز هرمون الشباب ، حيث تستقبل غدة الكوريس الاتم محاور
الخلايا العصبية الافرازية الجانبية الاتية من منطقة مهاد المسخ
(Pars intercerebralis) وهي التي تتحرر افرازاتها داخل
هذه الغدة لتقوم بتحفيزها على انتاج وافراز هرمون الشباب . ومن
المحتمل ان تعمل امتدادات ألياف المخ العصبية الداخلية في هذه الغدة
كعنصر تثبيط للنشاط الافرازي فيها . بعد تناول الدور البرقي قبل الاخير
من بقعة الروندنياس لوجبة غذائية وفي خلال الساعات العشرين التالية
لذلك يمكن اجراء عملية كي كهربى Electrocauterization ،
والذى يوصل الى منع ظهور النشاط الافرازي لغدة كوريس الاتم (أى
لا يفرز هرمون الشباب) ، وبناء عليه فلا تستطيع البقرة أن تنسلخ
لتتم المرحلة البرقية كاملة ، وانما تنسلخ متحولة الى طور يافع ، أى
أنها تتعدى الدور البرقي الاخير وتتحول مباشرة الى طور يافع نتيجة

لهذه المعاملة الكهربائية* . أما اذا نفذت عملية الكى الكهربى بعد مضى ٢٤ ساعة من تناول الوجبة الغذائية فى الدور البرقى الرابع ، فأنه يستطيع الانسلاخ الى الدور البرقى الخامس . ويستتج من هذا ان غدة كوريس الاتم يبدو أنها تطرد هرمون الشباب منها بمجرد انتاجه ولا تقوم بتخزينه .

فى بداية حياة الدور البرقى الاخير فى الحشرات حرشفية الاجنحة يلاحظ افراز هرمون الشباب بمعدل عال . وضحت هذه النتيجة من خلال دراسة التأثير التشبيبي ، Juvenilizing effect لغدد كوربورا الاتا المنقولة من يرقات حديثة الانسلاخ ، وأيضا عن طريق التحليل الحيوى ، (Bioassay) لهرمون الشباب فى الدم . واثناء تناول المتواصل للغذاء ، يصل حجم اليرقات المغتذية فى هذه الحشرات الى قدر معين عنده يلاحظ توقف افراز هرمون الشباب ، ثم اختفاؤه تقريبا من الدم . ما الذى يحدث لكى يتم ذلك ؟ تصل الى المخ انطباعات حسية تدله على ما وصل اليه الجسم من حجم ، وتعمل هذه الاشارة من أجل تثبيط افراز هرمون الشباب . وفى بعض الحشرات كالذودة المقرنة يمكن معرفة هذه الحالة بوصول الرأس لحجم معين لها ، وعند ذلك يلاحظ توقف افراز هرمون الشباب .

باستثناء الحشرات عديمة الاجنحة البدائية ، فان الحشرات لا تنسلخ ابدا بعد وصولها الى الطور اليافع ، وذلك لان الغدد الصدرية الصم تتحطم وتختفى فى أجسامها فى هذا الوقت ، وحتى اذا أجبر الطور اليافع فى حشرة ما بطريقة تجريبية على تكوين جليدا جديدا لجسمه (بواسطة حقنة بهرمون الانسلاخ مثلا) ، فان الجليد الجديد المتكون يكون من نوع جليد الطور اليافع نفسه . بينما اذا زرع لهذه الحشرة البالغة زوج من غدد كوربورا ألاتا نشطة فى ذلك التوقيت ، فان مساحات معينة فقط من الجليد تنسلخ الى جليد برقى ، وأما الباقي فعلى وجه العموم لا يمكن تحويله الى مثل ما آلت اليه هذه المساحات المحدودة . ومن الحشرات التى يمكن اجراء هذه

* " حيث تحدثت بواسطتها الخلايا العصبية الافرازية فى منطقة

مهاد المخ (المترجم) .

التجارب فيها: الحشرات نصفية الاجنحة مثل Rhodnius ،
Oncopeltus ، ابرة العجوز Labidura ، والحشرات
حشرية الاجنحة مثل Galleria .

أما على المستوى الجيني ، فان هذه الحالة تحدث نتيجة
اعادة تنشيط الجينات المسئولة عن الصفات البرقية - الى حد ما -
والموجودة في خلايا جسم الطور اليافع من حياة الحشرة .

التفاعل والمشاركة بين الهرمونات للتحكم في النمو:

لقد أضحى واضحاً من الشرح السابق أن هناك تغيرات دقيقة
في تحديد ميقات أو توقيت وكذلك تركيز افراز هرمون الشباب ليقوم
بالتحكم في عملية التحول. داخل جسم الحشرة . وستظل هذه الصورة
غير كاملة اذا لم تأخذ في الحسبان تلك الافرازات التنظيمية الموجودة
في الاجزاء المختلفة من جهاز الغدد الصم في الجسم .

في الدور البرقي الاخير لبقة الرودنيس ، تقوم الخلايا العصبية
الافرازية في المخ بمرحلتين متواليتين لافرازها الهرمون التنشيطي :
تبدأ المرحلة الاولى بعد عملية الاغتذاء مباشرة وتنتهي بالفترة الحرجة
في حياة البرقة ، حيث يثبط تحرر افراز قابل للانصباف بصبغة معينة ،
وربما يحدث هذا بواسطة هرمون الانسلاخ الذي يصل تركيزه الى الحد
الاقصى في ذلك التوقيت . ثم عند حلول وقت الانسلاخ تجري المرحلة
الثانية لافراز الهرمون التنشيطي من المخ . الا أن الافراز في هذه المرة
يبدو محتوي على عدد من الهرمونات المسئولة عن عملية الانسلاخ نفسها
وكذا التي لها دخل في تحطيم الغدد الصدرية الصم ، والتغيرات
الارتدادية في عضلات معينة .

كما رأينا ، فان افراز وانطلاق هرمون الانسلاخ في بقية
الرودنيس يحدث في وقت لاحق لافراز هرمون المخ التنشيطي ، وربما
يتم هذا حتى اثناء ابتلاع الوجبة الدموية الكبيرة التي يتناولها كل دور
يرقي في هذه البقة . أما في الحشرات التي تظل يرقاتها في حالة

اغْتِذاءٌ مستمر اثناء دورها الاخير* ، فان افراز هرمون الانسلاخ يحدث أيضا في مراحل ، ففي خلال الفترة المبكرة من بركة احدى حشرفيات الاجنحة ، لا يزال هرمون الشباب يجري مع تيار الدم العام ، لا يوجد افراز لهرمون الانسلاخ . عندما يتوقف افراز هرمون الشباب ، فان الهرمون التنشيطي ينطلق من المخ ، وبعده مباشرة تنطلق أول دفعة من هرمون الانسلاخ من الغدد الصدرية الصم . وفي حشرة كالفراشة الارنبية Cerua فمن الواضح على مدى السنوات الماضية أن هذا يؤدى الى بدء توقف عملية الاغْتِذاء في البرقة ، والى تفريغ المعى ، والى تغيرات اللون الحادثة بتحويل الزائد من الحمض الاميني الزائد المتبلر المسمى تربتوفان Tryptophane الى أصباغ بنية محمرة اللون تسمى " أوموكروم " Ommo chrome ، وكذا يؤدى الى التغيرات السلوكية . بعدها تتحول البرقة لتبحث لها عن مكان ملائم كي تقوم فيه بعملية التعذر Pupation ، فاذا وجدته واستقرت فيه فانها تجهز شرنقتها ، وهو العمل الذى يتبعه انطلاق دفعة من افراز هرمون الانسلاخ اكبر بكثير من سابقتها ، وعلى اثرها - وفي انخفاض ذريع لمستوى تركيز هرمون الشباب - تنسلخ البرقة فتتحول الى عذراء . ونفس هذا النظام فى عملية التحول ينجز فى حشرات اخرى كدودة التبغ المقرنة وأبى دقيق الكرنب Pieris و خنفساء البطاطا .

هرمون الشباب والكمون :

اذا كانت عملية التحكم فى افراز هرمون الشباب اثناء الدور اليرقى الاخير فى الحشرات حشرفية الاجنحة بسيطا ، فانه يفسدو معقدا شيئا ما فى الحشرات الحشرفية التى تعتبرها حالة كمون اثناء دورها اليرقى الاخير . ففي ثاقبة سوق الارز Chilo يظل افراز هرمون الشباب مستمرا بقصد ايقاف افراز هرمون الانسلاخ ، بالتالى

* مثل كثير من الحشرات حشرفية الاجنحة كدودة ورق القطن (المترجم) .

تبقى اليرقة كما هي دون مواصلة عمليات التحول ، الا أن الامر يختلف اذا عوملت الحشرة بمعالجة هرمونية خارجية بهرمون الشباب ، فيؤدي هذا الى دخول اليرقات في حالة كمون حتى وان كانت تعيش في اضاءة يومية طويلة ، وايضا يحدث هذا الدخول في حالة الكمون حتى وان تعرضت الحشرات لتبريد الجو المحيط بها الى نحو ٥°م لمدة ٦ اسابيع متتالية . وهو الحال أيضا بالنسبة لثاقبات الذرة الاوروبية *Ostrinia* اما في حشرة *Tirtraea* فان افراز هرمون الشباب يستمر على مستو منخفض له ، فيؤدي هذا الى ظهور دور يرقى جديداً معدوم البقع اللونية التي توجد عادة في اليرقات العادية لهذه الحشرة . هذا الشكل اليرقي الجديد يقاسى حالة كمون غير عادية ، حيث تتسلخ عدة مرات دونما زيادة في الحجم ، ويتعسر عليها الامر اذا ارادت أن تدخل في انسلاخ لتتحول به الى عذراء . وهو الوضع الطبيعي لأية يرقة في دورها الاخير . ويظل هذا هو حالها حتى ينخفض مستوى تركيز هرمون الشباب الى حد كبير ، ويتبدى افراز نشط لهرمون الانسلاخ ، عندها فقط تستطيع هذه اليرقات الضعيفة الواهنة ان تتحول الى عذاري .

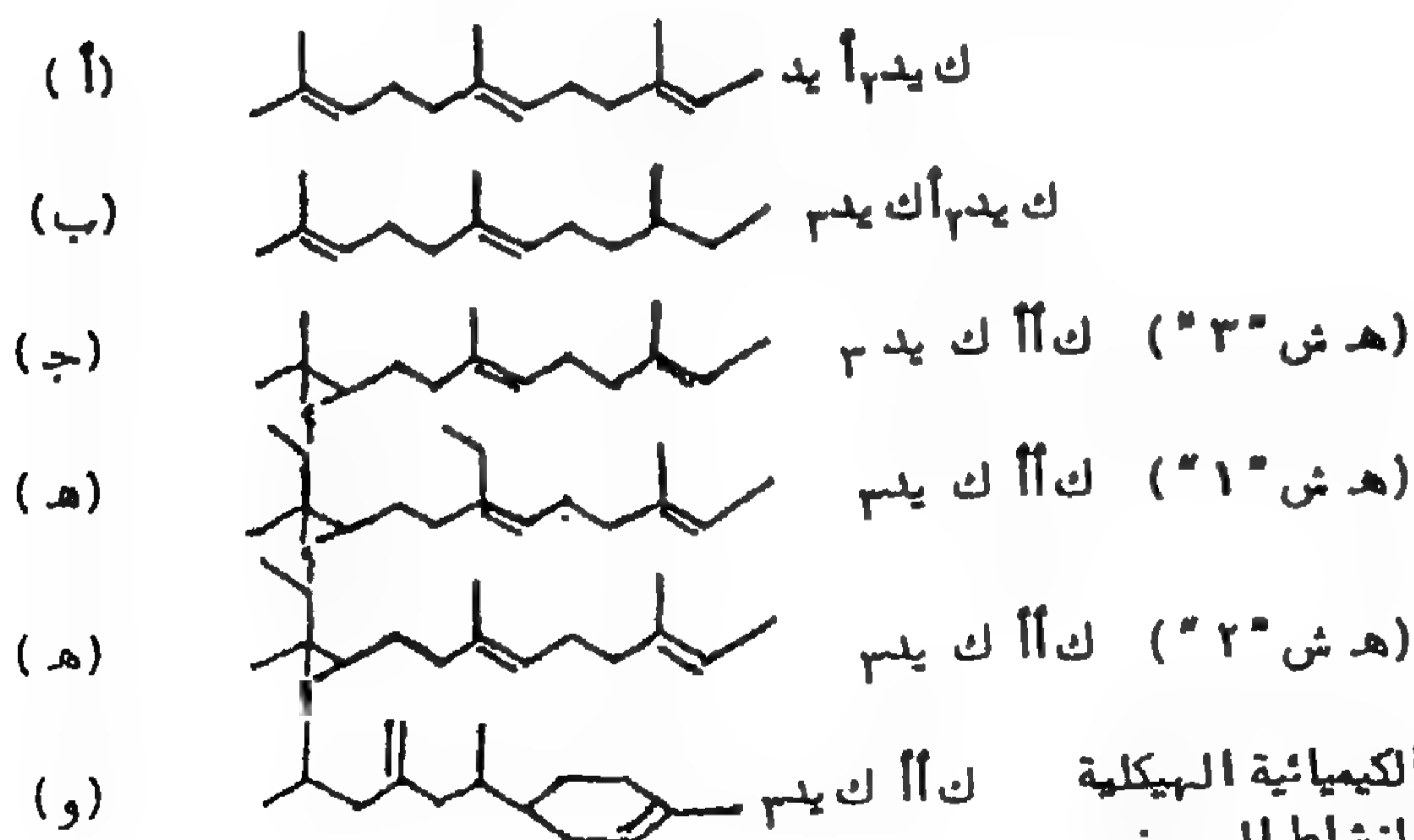
التركيب الكيميائي لهرمون الشباب :

تحتوى أجسام أغلب الحشرات على كمية قليلة جدا من هرمون الشباب ، وان كانت المستخلصات الخام منها غير ذات نشاط حيوى . الا أن فراشة دودة الحرير الامريكية *Hyalophora cecropia* تعد استثناءً واضحاً في هذا الامر ، ففيها يتم تخزين كميات كبيرة خصوصاً في الغدد المساعدة للطور اليافع في الذكور ، وعن طريق طحن جسم الحشرة واستخدام الاثير كوسيلة في عملية استخلاص المركبات ، نحصل على مادة زيتية القوام بارتفاعية اللون لها نشاط حيوى مشابه لهرمون الشباب .

خلال البحوث التي اجريت من أجل العزل الكيميائي لهذا الهرمون ، أبدت المواد البرازية المطروحة من يرقات فراشة الدقيق نشاطاً

هرمونيا شبابيا (قد يرجع هذا الى الحشرة نفسها وقد يرجع الى نخالسة الدقيق التي تتغذى عليها) يمكن أن يعزى الى وجود مادة الفارنيزول السيسكوبترييني Sesquiterpene farnesol (شكل ١٧ أ)، ولقد أدى هذا الامر الى اقتراح ان هرمون الشباب مركبا كيميائيا قريبا من هذه المادة . أما بالنسبة للمركبات الكيميائية التخليقية ، فان أحد المشتقات الايبوكسية للاستر الميثيلي لحمض الفارنيزينيك يعمل كواحد من أقوى المركبات ذات النشاط الهرموني (شكل ١٧ ج) .

وأخيرا فان المحتوى الرئيسى لهرمون الشباب فى دودة الحرير الامريكية هو المركب ه ش "١" (والموضح فى شكل ١٧ د) ، ويختلف عن المركب الموضح فى الجزء ج فقط بوجود مجموعات الايثيل محل مجموعات الميثيل المميزة للمركبات الايزوبرينوبدية) . كما أن هناك محتوى آخر تم اكتشافه فى هرمون الشباب الموجود فى نفس الحشرة، وهو ه ش "٢" ، وفيه لا توجد مجموعتين من مجموعات الايثيل فى كل جزئ منه ، بل توجد مجموعة ايثيل ومجموعة ميثيل ، ووجد أن المحتوى هذا أقل نشاطا من سابقه . ويمتد الامر الى أننا قد عثرنا فى هرمون الشباب الموجود فى دودة التبغ المقرنة على كونه مشكلا من



شكل (١٧) : الصيغ الكيميائية لبعض المركبات ذات النشاط الهرموني الشبابى . الشرح واضح خلال نص البحث .
(ب) الإثير الميثيلي لمركب الفارنيزول ، وهو صاحب النشاط الهرموني القوي فى بعض الحشرات .

خليط محتوياته هي ه ش "٢" + ه ش "٣" . وفي الحشرات مستقيمة الاجنحة كالصرصور والحشرات غشائية الاجنحة والخنافس ، يبدو أن المركب ه ش "٣" هو وحده الذى يشكل هرمون الشبل كاملا . وليس من المؤكد أن عملية التخليق الحيوى التى قام بها الباحثون تستطيع انتاج هذه المادة الهرمونية ، فقد درجت هذه العمليات على استخدام مواد التربينويدات من حمض الخليك عبر مادة الميفالونيت . بينما يتطلب اشتقاق كل من الشكين ه ش "١" ، ه ش "٢" طريقا جديدا يأخذ له منشأ جزئيا من حمض البروبيونيك عبر طريق مادة الميفالونيت المتجانسة . أما فى الصرصور الولود ، (Nauphoeta) ، فتوجد الاشكال أو (الصور) الثلاثة لهرمون الشباب متماثلة فى الحشرة ، الا أن نسب تركيزاتها تختلف فيما بينها اثناء أطوار النمو المختلفة فى حياة الحشرة؛ فيوجد مثلا ه ش "١" ، ه ش "٢" بنسبة مئوية عالية الى حد ما فى يرقة الحشرة ، بينما يوجد ه ش "٣" سائدا فى دم الانثى اليافعة .

وعن طبيعة وجود هذه الهرمونات السيارة فى دم الحشرة فانها توجد مرتبطة مع " بروتينات حاملة " . كما أنها تدخل فى ارتباطات غير نوعية مع البروتين الدهنى لتنتج عنها أشكالا معقدة غير قابلة للذوبان فى الماء ، كما أنها أيضا ترتبط مع "بروتينات رابطة" ذات أوزان جزيئية صغيرة . وارتباطها مع هذا البروتين يسهل عملية انتقالها الى كافة أنواع الانسجة ووصولها الى كل خلايا الجسم . كما أن البروتينات المصاحبة للهرمونات تحميها من هجوم الانزيمات (أوالخمائر) المحللة التى لولا وجود هذه البروتينات المرافقة لانت عليها وحللتها وأفقدتها شكلها الهرمونى . تقوم الانزيمات بافقاد هرمون الشباب لنشاطه بأن تعمل على تميء مجموعة الايبوكسى وتحليل مجموعة الاستر الطرفية فى جزيء الهرمون . الا أن دودة التبغ المقرنة يقوم بروتينها الرابطة بحماية الهرمون حماية كاملة من تأثير أنواع الانزيمات المحللة للاسترات ، (Esterases) التى تتواجد أثناء فترة الحياة المبكرة فى طور البرقى للحشرة . ولكن قبل بدء عملية التحول فى حياة اليرقة بقليل ، يظهر نوع جديد من الانزيمات المحللة للاسترات ، يقوم بايقاف نشاط الهرمون المرتبط بالبروتين ولا يستطيع الهرمون ان يقلت من تأثيره

وربما يعد هذا عاملا محددًا من جملة العوامل المتحكمة في عمليات التحول . وهذا هو الحال في خنفساء البطاطا ، فقد وجد أنه عند حقن هرمون الشباب في جسم الحشرة ، فان تحررا سريعا للانزيمات المحللة للاسترات الكربوكسيلية يتم في دم الحشرة .

بالإضافة الى هذه البروتينات الحاملة او الرابطة الموجودة فسي دم الحشرة ، فان "بروتينا مستقبلا" ذا وزن جزيئي كبير يوجد من أجل هرمون الشباب في خلايا البشرة في يرقات فراشة الدقيق ، ويعتقد انه يسهل عمل هرمون الشباب حول جينات الانوية في هذه الخلايا .

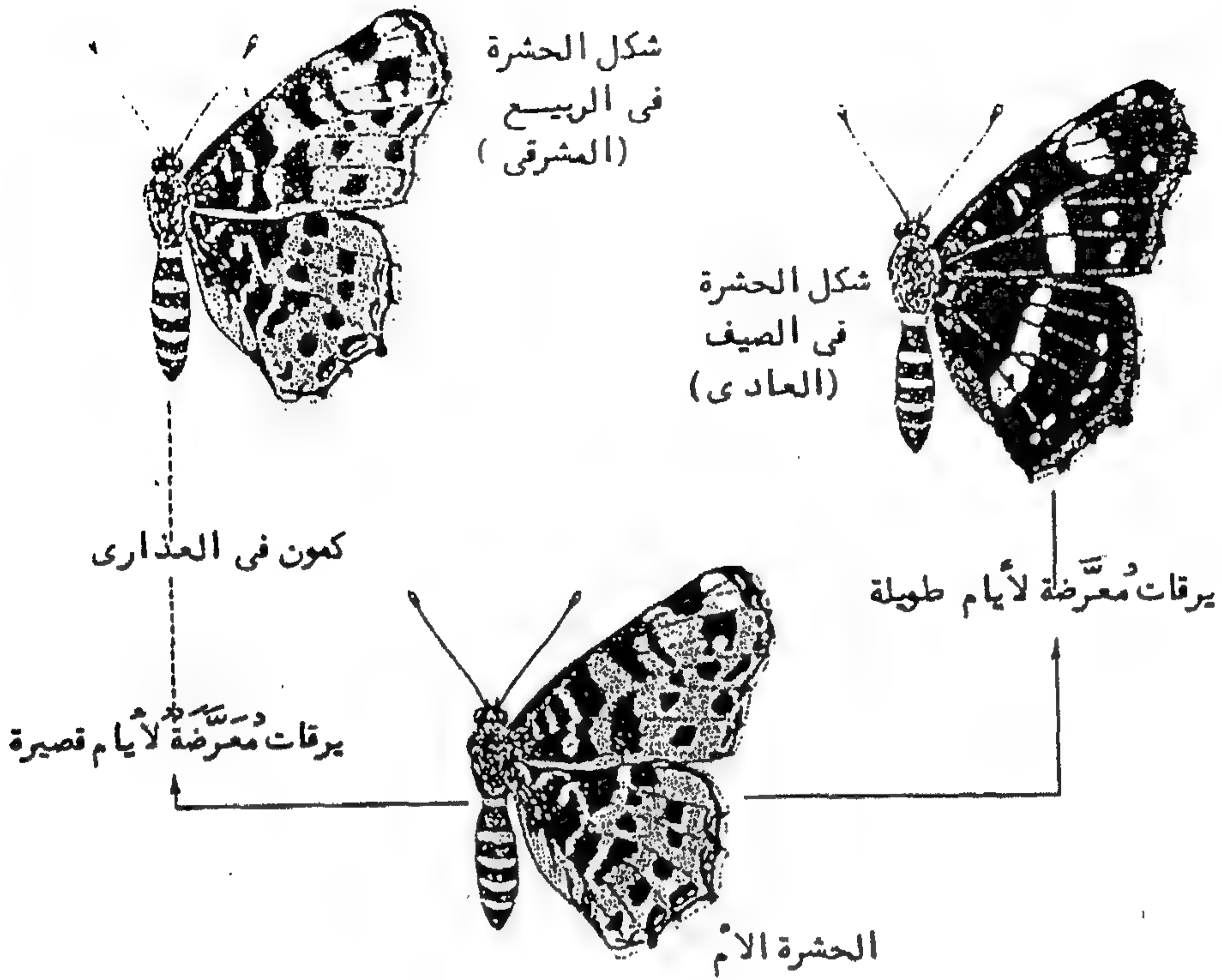
بخصوص التخليق الكيميائي لمركبات شبيهة بهرمونات الشباب ، فان عددا كبيرا قد تم اشتقاقه ، ويتميز بعضها — وليس كلها — بأنها قريبة جدا من هرمونات الشباب الطبيعية حيث تبدى نشاطا هرمونيا شابيا قويا . ولقد استخدم بعض هذه المركبات في المجال التطبيقى كمبيدات حشرية تؤدي الى افساد لنمو الحشرة الطبيعى . وهناك مجموعة اخرى من هذه المركبات تسمى " المعجلات " Precocenes لان استخدامها في الحشرات يؤدي الى احداث نمو متعجل فيها ، فينتقل طور ما الى ثالث دون المرور بالثاني ، وهذه المركبات امكن استخلاصها من نباتات معينة ، لتعمل كمضادات لهرمونات الشباب Antijvenile hormones ، في حشرات معينة ربما بتدخلها في التخليق العادى لهرمون الشباب وافسادها له . وعند معاملة الاطوار المبكرة للحشرات نصفية الاجنحة بهذه المركبات ، فان تأثيرات مشابهة لحالة استئصال غدة كوريس الاتم تظهر على الحشرات ، مما يدل على أن هذه المركبات (أو انواع معينة منها) ابطلت عمل هذه الغدة الصماء فسي افرازها لهرمون الشباب .

الهرمونات وظاهرة تعدد الشكل

فى بعض انواع الحشرات ، تتعدد الاشكال فى النوع الواحد ، وكل شكل منها له بنية وراثية خاصة به ، ومثال ذلك الاشكال القائمة اللون التى تظهر فى الفراشات الموجودة فى المناطق الصناعية ذات الجو الملوث بالدخان والسناج . وكذلك فان أشكالا مختلفة تظهر على أفراد حشرية لها نفس التركيب الوراثي ، ويرجع ذلك الى عمل الجينات حين يحدث لها تغير معين او حين تنشط الجينات الكامنة لتصبح عاملة ، ويتم هذا طبعا بتأثير بعض عوامل البيئة المحيطة . و لايضاح الامر ، فانه يمكن تشبيه هذه التغيرات ، اساسا ، بتلك الحادثة فى جسم الحشرة اثناء عملية التحول فى حياتها ، حيث تبقى البنية الوراثية للحشرة كما هى وان قامت وحدات جديدة للنظام الوراثي لتبدأ عملها .

من الامثلة الموضحة لظاهرة تعدد الشكل فى النوع الحشرى الواحد مايلى :

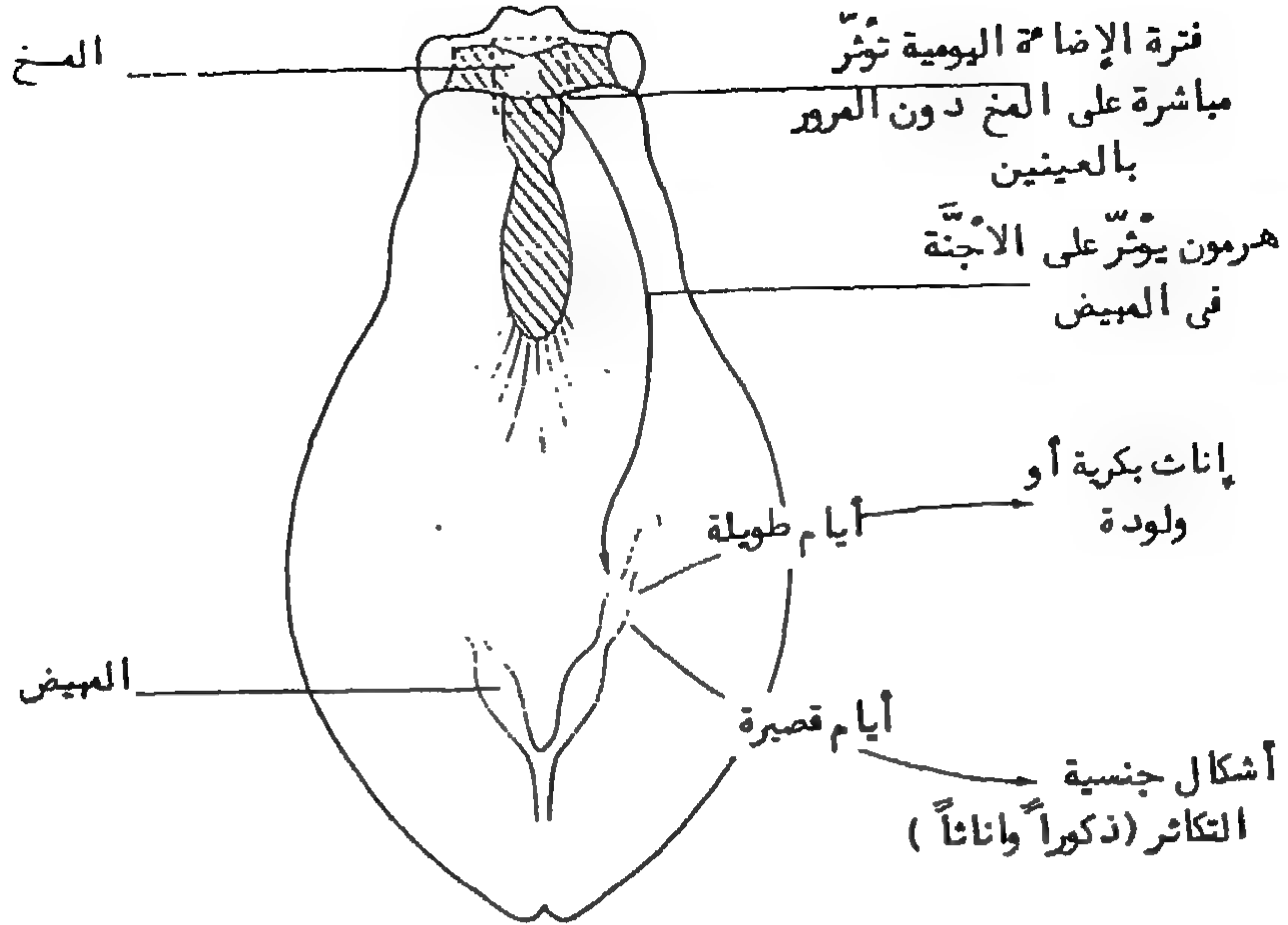
- (١) تناسب النمط اللونى ليرقات الحشرات حرشفية الاجنحة مع لون الارضية التى تعيش عليها . (٢) تغير الشكل التجمعى للجراد الى شكل انعزالى غير تجمعى . (٣) التغير الموسمى فى اشكال حشرات ابى دقيق . ففى أبى دقيق المسمى *Araschnia levana* (شكل ١٨) : تدخل العذارى فى حالة كمون اذا تعرضت اليرقات - قبل تعذرها - لفترات اضاءة قليلة (أى أيام قصيرة الطول) ، وبعد قضاء هذه العذارى لفترة الكمون ، تخرج منها فراشات فى فصل الربيع آخذة شكلا معيناً هو " الشكل الشرقى " *Levena form* أما اذا تعرضت اليرقات لفترات اضاءة كثيرة (أى أيام طويلة الساعات) فان العذارى الناتجة منها لا تعتريها حالة الكمون ، بل تكون نشطة وتتحول الى فراشات فى فصل الصيف ، تختلف عن شكل فراشات فصل الربيع ، وتأخذ التسمية "الصنف العادى" *Prorsa form* معنى هذا أن نوعاً واحداً من الحشرات ظهر فى موسم فصلى بشكل وظهر فى موسم آخر بشكل مختلف ، على الرغم من أنه هو نفس النوع .



شكل (١٨) : التحكم في حدوث حالة الكمون وظهور الأشكال الحشرية الربيعية والصيفية لأحد أنواع أبي دقيق ، وذلك بتنظيم فترة الإضاءة اليومية أثناء حياة اليرقة .

(٤) في حشرات المن : تقوم الاناث القادرة على التكاثر المبكرى - تحت تأثير التغير في ظروف المناخ كطول الايام وقصرها - بانتاج جيل من الحشرات تكون الاناث فيه قادرة على التكاثر المبكرى كشأن الامهات السابقة ، او تكون ولودا او تظهر في شكلين مستقلين من الذكور والاناث يتم بينهما التزاوج الجنسى (أى الشقى) (شكل ١٩) ، (٥) فى النمل الابيض (القرضة) : توجد فئات مختلفة كالأشكال القادرة على التكاثر ، والشغالات والجنود (العساكر) . الخ ، مما هو معروف فى أعشاش النمل ، والحشرات الاجتماعية من رتبة الحشرات غشائية الاجنحة عموماً .

ان تحديد طبيعة معينة للتحكم فى هذه الحالات الموجودة فى الحشرات لم يتوصل اليه الباحثون بوضوح ، وان كان لديهم الدليل



شكل (١٩) : التحكم في ظاهرة تعدد الأشكال التكاثرية في حشرة من الفاصوليا والفول ، وذلك بتنظيم طول اليوم (والمقصود هو فترة الإضاءة اليومية) .

على أن الهرمونات السارية في الدم ذات علاقة بالموضوع ، وأشهرها هرمون الشباب الذي تجمعت الأمثلة الدالة على مسئولية مستوى افرازه في الدم عن ظهور تعدد الأشكال في النوع الحشري الواحد ، ومن الأمثلة على ذلك ما يلي :

في نحل العسل : يتم انتاج ملكات في الخلية فقط اذا قامت اليرقات الصغيرة في اقراص الشمع بالتغذية الوفيرة على " الغذاء الملكي" Royal jelly . وعند تحليل هذا الغذاء الملكي وجد أنه خال من أية مادة ذات نشاط تشكلي (أي هرمون) . أضف الى هذا ، أن اليرقات التي تتغذى على غذاء النسل الخاص بالشفالات ، يمكنها التحول الى أطوار يافعة تحمل صفات الملكات فقط اذا تم نثر كمية ما من هرمون الشباب على أجسامها . التفسير اذا يمكن معرفته اذا علم ان اليرقات بعد أن تتغذى على وجبات غنية بهذه المادة الملكية

يحدث تحفيز لافراز هرمون الشباب في غدة كوريس الاتم داخل اجسامها .
وأكثر من هذا ، فان النشاط المتغير في الغدد الصم ربما يكون
مسئولا عن تتابع الاعمال أو الوظائف المنوطة بأفراد الشغالات في خلايا
النحل . ولقد وجد أن الزيادة في افراز هرمون الشباب هـ ش "٣"
تبدو مسئولة عن تغيير فسيولوجية النحل المستقر في خلاياه التي
جماعات من النحل الحقلى او جماعات من النحل المراعى ، وجميعها
صور لاصل واحد هو نوع حشرى معين من النحل .

في النمل الابيض (القرضة) : يبدو أن هرمون الشباب له
دخل في كل جوانب ظاهرة تعدد الشكل تقريبا (شكل ٢٥) ففى
برقات النمل من النوع *Kaloterme* أو النوع *Zootermopsis*
يتسبب حقن كمية من هرمون الشباب في انتاج افراد من فئة الجنود ،
بينما اذا قلت الكمية المحقونة منه ، فان الفئات الناتجة من هذه
البرقات تصبح شغالات ذات قدرة تكاثرية (وهى المعبر عنها بـ " الاشكال
التكاثرية " لمساعدة* ، وقد يؤدى هذا ايضا الى توطيد الصفات
الشبابية في الشغالات الناتجة . ويعد هذا من أوضح الامثلة لبيان
اهمية مستوى تركيز هرمون الشباب في تحديد التغيرات الكيفية فى
أشكال النمل .

في حشرات المن : من المعروف أن المن له فصولا في السنة
يظهر أثناءها مجنحا *Alatae* ، وفصولا أخرى يظهر فيها عديم
الاجنحة *apterae* . واذا كانت هناك عدة عوامل تتدخل فى
ظهور المن بهذا الشكل أو ذاك ، فاننا نستطيع القول بأن هرمون
الشباب فى بركات المن حينما يكون افرازه عالى النشاط تتحول البرقات
الى حشرات يافعة عديمة الاجنحة ، بينما اذا كان نشاطه منخفضا فان
الحشرات اليافعة التى تنتج تكون مجنحة .

* من المعروف ان الشغالات (وتسمى احيانا "العاملات") العادية
عبارة عن فئات فى الخلية أو العش ليست لها قدرة على العملية
التكاثرية . (المترجم) .

فى الجراد : من المعروف أن الجراد اما أن يكون فى حالة انعزالية او فى حالة تجمعية، اى اما أن يكون لديه ميل للانعزال او ميل للتجمع . هذا ، وان كانت درجة ازدحام أعداد الافراد هى الحافز الاساسى لتغير نمط او شكل معيشة الجراد من انعزالية الى تجمعية ، فان هرمون الشباب دخل فى هذه المسألة ، حيث يؤدى ارتفاع مستوى تركيزه فى الدم الى ظهور الجراد فى الشكل التجمعى، بينما يؤدى انخفاض مستواه الى ايثار الجراد لحياة العزلة . ويعتبر لون الجسم فى يرقات الجراد ذو دلالة على ذلك ، فاللون الاخضر فى أجسام اليرقات يدل على ان هرمون الشباب داخل الجسم فى حالة من النشاط العالى وقد تم اقرازه مبكرا ، بينما يدل اللون البنى على انخفاض نشاطه الحيوى ، وليست كل صور هرمون الشباب — التى أشرنا اليها فى الصفحات السابقة — متماثلة فى تأثيرها بالنسبة لتحديد حالة معيشة الجراد ، فقد تكون هناك صورة ذات أهمية ، وأخرى عديمة الجدوى ، وهكذا .

ثنائية الشكل الشقى (أو الجنسى) :

يعتبر وجود الذكور والاناث فى شكلين مختلفين رغم انها من نفس النوع الحشرى ، يعتبر هذا من أشهر الامثلة على وجود ظاهرة تعدد الشكل فى عالم الحشرات . ويحدث هذا الاختلاف — كما هو الحال فى الحيوانات الفقارية — نتيجة للنظام الوراثة فى الجنسين . ومعروف فى الحيوانات الفقارية ان عمل الهرمونات الجنسية يتغلب على تأثير البنية الوراثية فى هذه المسألة . وهو ذا الامر الذى تم بحثه فى الحشرات للتعرف على ما اذا كان الحال هو نفسه كما فى الفقاريات، وانتهت التجارب بنتائج سلبية . فإزالة المناسل (مبايض أو خصى) من أحد الجنسين ، ذكورا أو اناثا، فى أى وقت أثناء دورة الحياة لم يؤد الى ظهور خصائص أو صفات جنسية ثانوية من النوع المضاد على الحشرة الخاضعة للتجربة . ولم يحدث أيضا ان تحول ذكر الى أنثى أو انثى الى ذكر حتى فى حالة زراعة المناسل المضادة لها داخل أجسامها . الا أن هناك مثال واحد اعطى نتائج تختلف عما توصل

الباحثون اليه سابقا ، وهو الدودة الوهاجة Lampyris ، ففيها يخضع التحديد الجنسي في الحشرة لتأثير الهرمونات حيث تقووم الخصيات في الذكر بافراز هرمون منشط للذكورة Androgenic hormone والذي يؤدى عند نقل خصية ذكر واستزاعها في أنثى من نفس النوع — الى تحويل الانثى النامية الى ذكر مكتمل الشكل الظاهري ، يمتلك القدرة الجنسية على تلقيح الاناث.*

x أثناء بحوثه التجريبية في الفترة ١٩٨١ — ١٩٨٥ م ، حصل المترجم على نتائج تشبه ما هو معروف في الدودة الوهاجة المشار اليها في متن الكلام . فبعد الازالة الجراحية للبراعم الخصوية في يرقات دودة ورق القطن *Spodoptera littoralis* ، ثم استزاعها في يرقات اناث مرافقة ومتزامنة معها وخالية من براعمها المبيضية ، تحولت الحشرات فظهر فيها ٣٪ فقط ذكور ، بينما ظهر الباقي اناث كما هي . هذه الذكور الناتجة لم تستطع القيام بتلقيح واخصاب الاناث حينما قدمت لها ، أي أنها تفتقد القدرة التكاثرية . هل يرجع ذلك الى عدم قدرة البراعم الخصوية المنزوعة في الاناث على النمو ومواصلة نضج البيض ؟ هل يرجع الى امتصاص الجسم لهذا العضو المنزوع وبالتالي اختفاؤه ؟ هل يرجع ظهور ذكور من يرقات اصلها اناث الى خروج افراز ما من البراعم الخصوية المنزوعة أدت الى ذلك ؟ هل عدم قدرة الذكور على التلقيح مرجعها الى عدم تكوين قنوات قاذفة للحيوانات المنوية بعد نضج الخصيات ؟ هذه الاسئلة وغيرها جاري البحث التجريبي عن اجوبة لها في بحوث المترجم الحاضرة والمستقبلية . (المترجم) .

الهرمونات والتكاثر

تقوم غدة كوربس الاتم بمعاودة نشاطها فى بقعة الرودنياس بعدما تصل الحشرة الى طورها اليافع ، ففي الذكور لا تلعب هذه الغدة أى دور فى عملية نضج الحيوانات المنوية وانما فقط يؤثر افرازها "هـ ش" فى تنشيط الغدد المساعدة الجنسية فى الذكور وهى التى تقوم بانتـسـاج "حاملات المنى" التى تحفظ فيها الحيوانات المنوية قبلما تنقلها الى الاناث، وكما أدت عملية قطع الرأس فى الاطوار الاولى من بقعة الرودنياس الى توقف الانسلاخ ، فانها اذا تمت للاناث فى طورها اليافع يتوقف نضج البيض ، ويعزى السبب الى فقدان الحشرة مقطوعة الرأس لغـدة كوربس الاتم ، بدليل أنه عند استزراع غدة مماثلة نشطة فى منطقة بطن هذه الحشرة ادى ذلك الى استئناف عملية نمو البيض ونضجه . ويمكن الوصول لنفس النتيجة اذا عولمت هذه الحشرات معاملة خارجيسة كأن تحقن بهرمون الشباب النقى .

يبدو أن التأثير الاساسى لهرمون الشباب فى موضوع التكاثر يتمثل فى قيامه بت تنظيم عملية ترسيب المح* داخل البيض . يلاحظ فى أى من الحشرات : الجراد الصحراوى ، الدودة المقرنة ، والرودنياس أو *Oncopeltus, Dindymus* (أثناء قطع الرأس او حالة التجويع الاجبارى) استمرار نمو البويضات فى المبايض بشكل عادى حتى تصل الى مرحلة ضرورة ترسيب او اضافة المح فتتوقف عن ذلك ، ثم تموت ويمتصها الجسم اذا لم يأتها مدد مناسب من هرمون الشباب ، وهكذا يكون الدليل على أهمية هذا الهرمون فى تنظيم عملية ترسيب المح فى البويضات النامية . ومن ناحية أخرى ، فان وجود هرمون الشباب يعتبر أمرا ضروريا لحض الاجسام الدهنية فى الجسم كى تقوم بانتاج انواع خاصة من البروتينات تسمى " البروتينات المحية " (بدون نقطة على الحاء)

* المح هو المواد الغذائية اللازمة لنمو ونضج الجنين فى البيضة .
(المترجم) .

، Vitellogenins وهي التي تطرح في تيار الدم العام بقصد تحريكها من موقع الانتاج ونقلها الى البويضات لتشكل المركب الرئيسي لمحتوى المح فيها . وهي حالة شائعة في حشرات كالرودنياس والصراصير البيوضة والولودة وبعض أنواع أبي دقيق .

بالاضافة الى دور هرمون الشباب في هذه المسألة ، فان الخلايا العصبية الافرازية الموجودة في المح قد تم اكتشاف دورها الذي تدلى به في عملية تخليق البروتين المحي . وهو الدور الذي وصل في بعض الحشرات الى أنه فاق دور هرمون الشباب في ذلك . على أية حال فان غدة كوريس الاتم (وهي مصدر افراز "ه ش) يظل وجودها مطلوباً من أجل تحفيز الخلايا المرافقة للبويضات في المبايض حتى تنتهي لاستقبال البروتين المحي ، وقد وضع ذلك في حشرات كذبابة اللحم وخنفساء البطاطا والذبابة الزرقاء . أما في دودة الدقيق فان الحاجة لغدة كوريس الاتم تبدو ملحة فقط عند عملية تخليق البروتين المحي ، بينما لا حاجة لها في عملية نقله من موقع الانتاج الى حيث تخزينه داخل البويضات ، وسواء كان هرمون الشباب مطلوب لعملية او اكثر اثناء نضج المبايض او كان المطلوب لذلك هو المح (أي هرمونه) فان الاخير يقوم بالسيطرة على نشاط الاول ليس فقط اثناء الاطوار الاولى من حياة الحشرة ، وانما أيضا خلال حياة الطور اليافع فيها . وأكثر من هذا ، فان المح — في كثير من الحشرات — يقوم ببذل تأثير عصبى تثبيطى على غدة كوريس الاتم ، ويزداد ذلك التأثير التثبيطى خصوصاً بعد اتمام السفاد^x ، والذي على اثره تبدأ البويضات نموها .

تتجلى هذه التأثيرات العصبية في الصراصير الولودة : حيث تعمل حالة الشد الحادثة في جدار الرحم (نتيجة امتلاؤه بحافظات البيض Ootheca) على انتاج تأثير عصبى يتسبب في تثبيط غدد كوريس — الاتا ، وبناءً عليه تتوقف عملية ترسيب المحفى البويضات الحديثة العمر داخل المبيض ، ويظل الامر هكذا حتى تطرد الحشرة حافظات البيض

x السفاد : هو عملية تلقيح الذكر للانثى . (المترجم) .

من رحمها • فاذا خرجت هذه الحافظات تغير الحال ، فتنشط غدد كوربورا الاتا مرة أخرى لتفرز " ه ش " ليقوم بدور في الاشراف على إنتاج البروتين المحي وكذلك تنظيم عملية ادخاله في البويضات بالمبايض • بيد أن قيام المنخ بايقاف غدد كوربورا الاتا عن انتاج " ه ش " يعد ضروريا لكي تتخلص الحشرة من حافظات البيض الموجودة في الرحم يطردها خارجها ، فيصبح الرحم آنذاك فارغا ، وتصبح الحالة ملائمة لتكوين حافظات جديدة ، وهو الامر الذي يتطلب وجود " ه ش " مرة أخرى في الجسم •

فاذا لم يقم المنخ بهذا الدور الحاسم ، فكيف يكون الحال ياترى ؟ لقد تم اكتشاف هرمون في الذباب المنزلي تقوم به المبايض الناضجة (أى المملوءة بالبينى الناضج) بافرازه بنفسها بغية تثبيت ورود هرمون الشباب أو افرازه من غدد كوربورا الاتا ، ويسمى هذا الهرمون "الهرمون البيضى الاستاتى" Oostatic hormone ، وبذا يوعى الغرض الذى قام المنخ بأدائه فى الحشرات ا لآخرى •

تعتبر الحشرات ذوات الغنـب الشعرى (ومنها حشرات السمك الفضى مثل Lepisma & Thermobia) اكثر المجموعات الحشرية بدائية ، وهى الوحيدة فى عالم الحشرات ، التى تستمر عمليات الانسلاخ والتكاثر فيها قبل وبعد اكتمال نموها الجسدى ، معنى ذلك أن الغدد الصدرية (أو السفلية) الصم تظل فى حالة نشطة طوال الحياة، وتتبادل دورات الانسلاخ مع دورات التكاثر • فى هذه الحشرات لا تقوم غدد كوربورا الاتا بتأثير على عمليات التشكل فى الجسم الا بقدر ضئيل ، فهى غير ذات وجود خلال عمليات التحول فى الاطوار الاولى من الحياة الا أن افرازها الهرمونى ذو أهمية فى تكوين المنخ اثناء الدورات التكاثرية، يمكن — بناء على هذا — ان نقترح وجود الوظيفة البدائية أو الاولى لهرمون الشباب فى تنظيم العملية التكاثرية ، وأما دورة فى تنظيم عمليات التحول خلال حياة الحشرة فلم يعرف الا حديثا •

لايزال الدور الذى يقوم به " ه ش " فى حياة الشكل اليافع من الحشرات غامضا على الرغم من وجوده فى هذه المرحلة من الحياة

بدليل أنه قد تم استخلاصه من الطور اليافع فى فراشة الحرير وغيرها من الحشرات . فى الذباب المنزلى والبعوض ، تقوم مبايض الـذئاث بنفسها بـانتاج وافراز هذا الهرمون ، بقصد أن يعمل (كعمل هرمون المخ) على تحفيز عملية تخليق البروتين المحى فى مواقع انتاجه — وهى الاجسام الدهنية — وما يتبع ذلك من عملية تكوين البيض . ولقد وجد — بالتجربة ان حقن هرمون الانسلاخ — أو استزراع غددا صدرية صم نشطة بـوئدى الى تثبيط نضج البيض فى حشرات كخنفساء البطاطا والذباب المنزلى وغيرها . بينما فى بقعة الرودنياس ، فعلى مدى سنوات عديدة ماضية ، كان المعروف أن هذا التأثير يرجع الى انتقال موقع تخليق البروتين من المبايض الى بشرة جدار الجسم ، وهو الذى يتحفز بتأثير هرمون الانسلاخ فى سبيل تكوين جليد جديد .

هناك عمليات هرمونية أخرى تجرى فى موضوع التكاثر سوف يتم شرحها عند الكلام عن الموضوعات : الهرمونات العصبية وكذلك الفيرومونات فيما يلى من صفحات .

كـمـون التـكاثر :

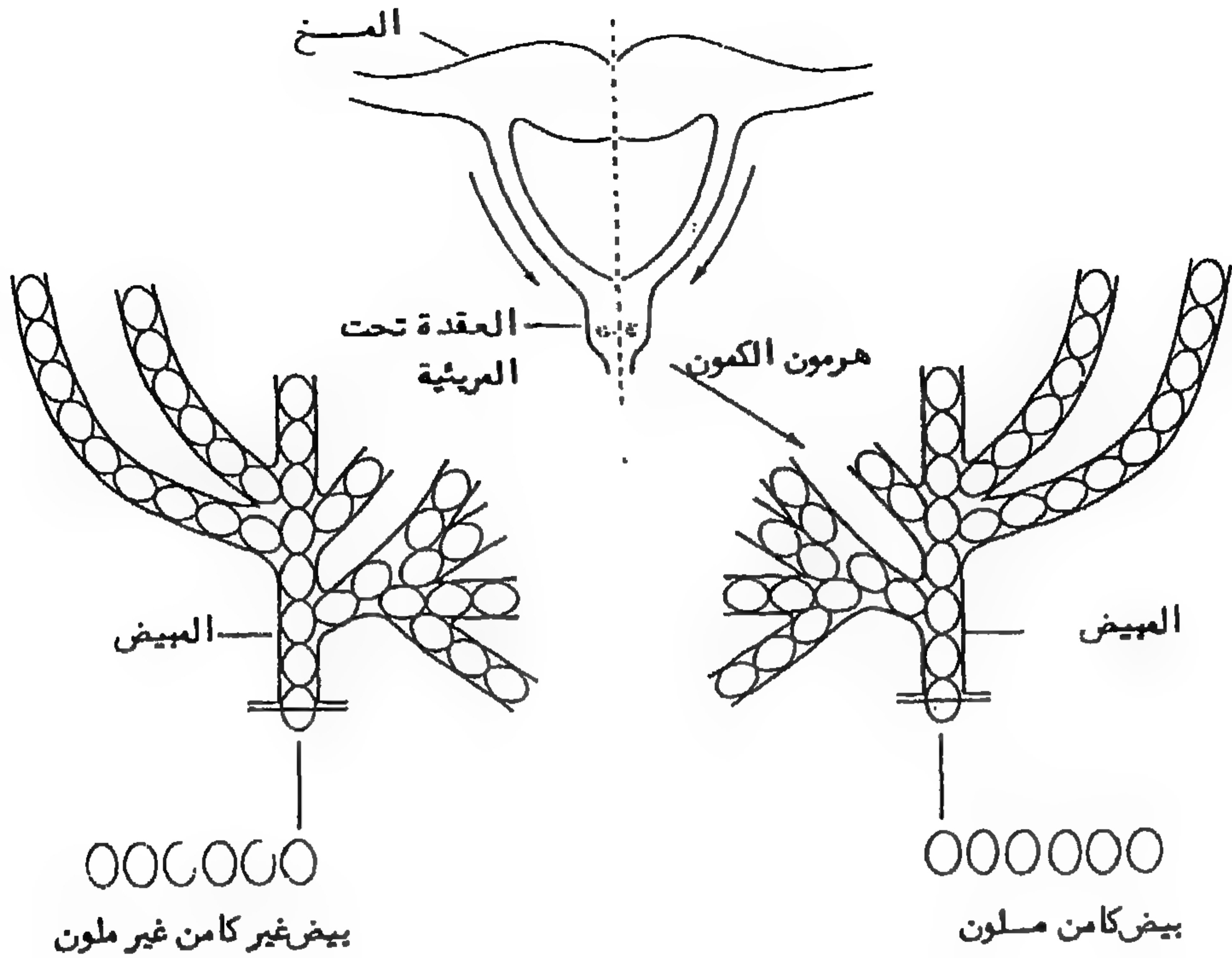
اذا كان من المعروف أن ايقاف افراز هرمون المخ أو هرمـسون الانسلاخ فى حشرة ما بـوئدى الى توقف نموها أثناء ظروف موسمية غير مواتية فى السنة ، فربما يكون ايقاف افراز هرمون الشباب من غـدة كوربس الـاتم هو السبب المباشر لما يعترى الجهاز التكاثرى (فى طور الحشرة اليافع) من حالة خمود أو كمون أثناء مثل هذه الظروف . وتعتبر خنفساء البطاطا من أوضح الامثلة التى يدل هذا التوقف فيها على تأثيرات بعيدة المدى ، فتأخذ الخنفساء اليافعة فى حفر أنفاق لها فى التربة كى تستقر فيها ، وعند ذلك تضمحل عضلات الاجنحة فتصبح الحشرة غير قادرة على الطيران ، وتتوقف عملية تكون المح وتصبح المبايض فى حالة من السبات أو السكون الوظيفى . فاذا حدث استزراع لعدد من غدد كوربورا الـاتا النشطة فى مثل هذه الحشرة ، أدى هذا الى انعكاس التغيرات المذكورة ، ويستأنف التكاثر على وجه السرعة . ومن

المعروف ان خنفساء البطاطا تعد واحدة من الحشرات التى فيها يكون لغدة كوربس الاتم الدور الاوفى. فى تنظيم عملية ترسيب المح فى المبيض . ولكن فى حشرات اخرى كالبعوض يكون افراز المح هو صاحب الدور الاعظم فى تنظيم هذه العملية ، كما أن بدء وانهاى حالة الكمون فى الحشرة اليافعة أثناء بياتها الشتوى يقع تحت تحكم افراز المح ايضا . وقد لوحظ أن الخلايا العصبية الافرازية تصبح ممثلة بالافرازات اثناء فترة الكمون — فى حشرات كبعض الزنابير والذباب المنزلى والجراد — فاذا ما أتى الكمون الى نهايته بدأت الخلايا فى تفريغ انتاجها المختزن .

حالة الكمون فى البيض :

يحدث للبيض بعد أن تضعه الانثى حالة من الكمون أيضا ، واشهر الامثلة لذلك هو دودة الحرير *Bombyx mori* حيث يوضع بيضها فى الخريف ويدخل حالة الكمون التى تنتهى فقط عند تعرض البيض كثيرا لبرودة الشتاء . يتأثر البيض فى مبايض الاناث خلال الخريف بهرمون يسمى "هرمون الكمون" *Diapause hormone* وهو الذى يحثها على الدخول فى حالة الكمون (شكل ٢٠) اما مصدر هذا الهرمون فهو خليتين كبيرتين من الخلايا العصبية الافرازية الموجودة فى العقدة العصبية تحت المريئية بالجهاز العصبى المركزى .

وسواء افترت الحشرة هذا الهرمون (ليومى الى الدخول فى حالة الكمون) أو أستبقته فى خلاياها العصبية الافرازية (فلا يحدث كمون وبالتالى تعطى الفرصة لنمو البيض ووضعه) ، فانه يقع تحت تأثير فعل المخ . وهذا المخ نفسه ينظم عمله بخبرة الام وممارستها خلال مرحلة مبكرة من الانماء ، فاذا كانت فى شكل يرقة حديثة العمر ، فانها تتعرض لدرجة حرارة عالية (٢٥°م) وفترة اضاءة طويلة (١٤ ساعة يوميا أو أكثر) ، فيقوم مخها باطلاق الهرمون وتضع هى البيض المصاب بحالة الكمون ، أما درجة الحرارة المنخفضة (١٥°م) وفترة الاضاءة اليومية القصيرة ، فيؤديان الى تأثير مضاد على الحشرة . وتدل هذه الاحوال على أن للانثى قدرة على وضع بيض يتلائم وظروف الموسم الذى فيه سوف يظهر الجيل القادم .



شكل (٢٠) : دور كل من المخ والعقدة العصبية تحت المريئية في التحكم في حالة الكمون الحادثة لبيض دودة الحرير . شمال : التثبيط بواسطة المخ يؤدي إلى إنتاج بيض غير كامل . يمين : قيام المخ بتجفيف عملية إفراز هرمون الكمون ، حيث تقوم الخلايا العصبية الإفرازية بانتساخه ، يؤدي إلى إنتاج بيض كامل داكن اللون .

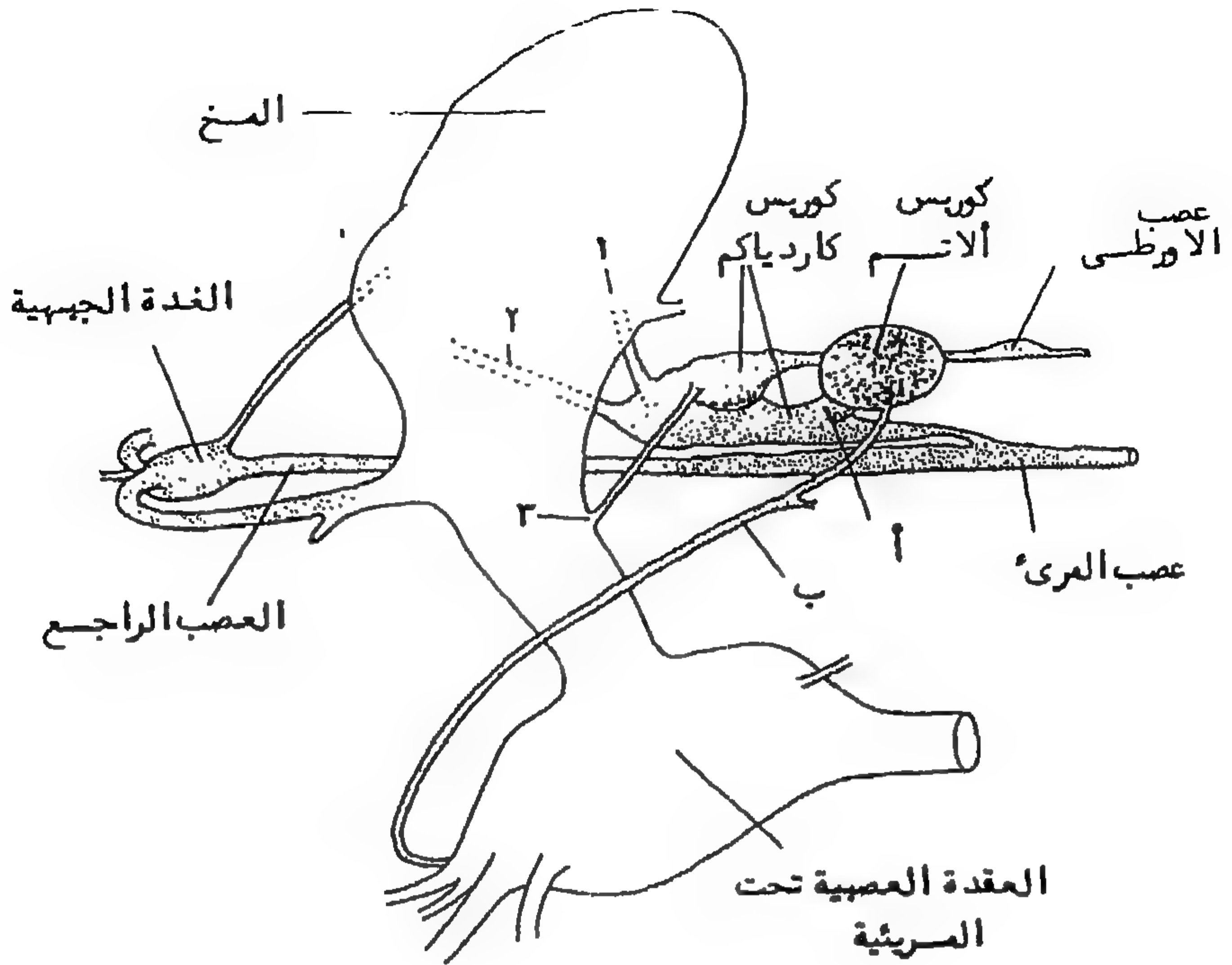
وبالنسبة للتركيب الكيميائي لهرمون الكمون فإنه في دودة الحرير يتكون من ببتيدات قابلة للذوبان في الدهون ، ويحتوي على ١٤ حمضا امينيا ، وتستطيع الانزيمات المحللة للبروتين أن تحبط نشاطه .

الخلايا العصبية الافرازية والهرمونات العصبية

تقوم الخلايا العصبية الافرازية باسداء المدد العصبى لكثير من الاعضاء المحيطية فى الجسم ، ومنها غدد كوربورا الاتا ، الغدد الصدرية الصم ، الحلمات المستقيمية ، الغدد اللعابية ، حافظات المنى، بشرة جدار الجسم ، وأيضا عضلات القلب والعضلات بين العقلية . وفى حالة بقة الرودنياس ، تتحطم العضلات بين العقلية بعد انهاء كل عملية انسلاخ ثم يعاد بناؤها قبل الانسلاخ اللاحق ، ويقترح أن يكون افراز المخ هو الذى يقوم ب التحكم فى هذه العملية .

كما هو واضح مما سلف ، تقوم الخلايا العصبية الافرازية فى منطقة مهاد المخ بانتاج هرمونا يتوظف فى ادارة الاعمال فى الجسم اهمها تخليق البروتين المحى المطلوب لنضج المباينى ، وأيضا تنشيط غدة كوربس الاتم الصماء ، كما أن هناك مواد نشطة أخرى تنتج فى نفس هذه المنطقة من المخ ، الا أن تركيبها الكيميائى غير معروف حتى الان . وبالإضافة الى منطقة مهاد المخ ، فى منطقة المخ الثالثة ، وفى العقدة العصبية الجبهية ، وفى غدة كوربس كاردياكم ، وفى العقدة العصبية تحت المريئية — وغيرها من عقد الحبل العصبى السفلى فى الحشرات — تنتشر خلايا عصبية افرازية متفرقة تقوم بوظائف هرمونية مختلفة .

تعمل كلا من غدة كوربس كاردياكم والجزء الرأسى من الابهـر الظهري (أحيانا) كاهم الاعضاء العصبدموية لتخزين افرازات المخ التى تصلها . أما فى العقد العصبية المنتشرة فى الحبل العصبى السفلى داخل الجسم ، فان ما تفرزه الخلايا العصبية الافرازية الموجهة — موجودة بها ، ينطلق مخترقا جدر الاعصاب ليجرى فى تجويف الجسم العام ، ويتم انطلاقه هذا عبر سطح كل عقدة ، أو عن طريق أعضاء عصبدموية موجودة على هيئة انتفاخات مغزلية موضوعة على الافرع العرضية للاعصاب ، تسمى " الاعصاب حول السمبتاوية " Perisymphathetic nerves

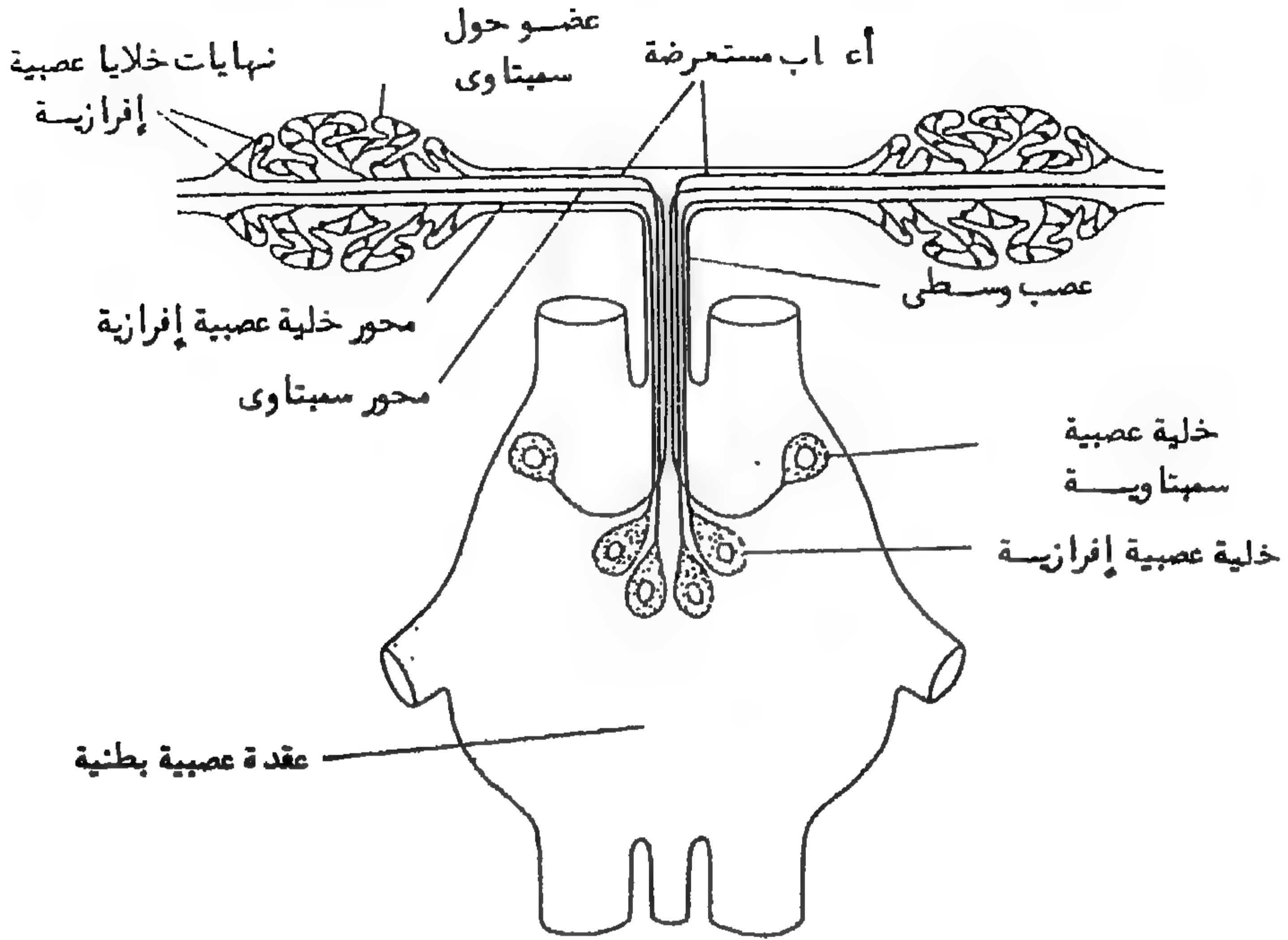


شكل (٢١) : شكل تخطيطى للمخ والجهاز العصبى السمتاوى المرئى (وهو مظلّل فى الرسم) وشبّين به غدة الكوريس الأتسم فى الجانب القريب فى المصصور كما يترى فى منظر جانبي . تستقبل غدة الكوريس كاردياكام ثلاثة أعصاب : ١ ، ٢ ، ٣ . بينما تستقبل غدة الكوريس الأتسم عصبين فقط : أ ، ب .

(شكل ٢١ ، ٢٢) . وعلى الرغم من عدم وجود معلومات كافية عن هذه الهرمونات العصبية ، فقد تعطى اللوحة التالية فكرة مناسبة عنها :

(أ) هرمون اليقوع ودورات النشاط الايقاعية :

عندما تريد الفراشة فى دودة الحرير ان تخرج من شرنقة العذراء ، فان ذلك يتطلب فاعلية عالية القدر تستمدّها من هرمون المخ الذى يسمى عندئذ " هرمون اليقوع " ، (Eclosion hormone) يتحدد توقيت انطلاقه او تحرره من موقع انتاجه بفعل " ساعة " (Clock) حساسة للضوء موجودة داخل المخ ذاته . ومن ناحية أخرى ، فان ايقاع النشاط اليومى يبدو أنه يقع تحت تحكم ساعة الفص البصرى فى جسم



شكل (٢٢) : أشكال تخطيطية للأعضاء حول السمبناوية المصاحبة للعقدة العصبية البطنية فى إحدى الحشرات العصوية . تتضح الخلايا العصبية الإفرازية فى العقدة بأطراف محاورها المنتهية بانتفاخات مغزلية الشكل على الأعضاء المستعرضة .

المرصور ، حيث يتأثر بالضوء الساقط على العين المركبة فى الرأس .
وليس لدينا الآن تحديد واضح لما تقوم به الهرمونات السيارة فى السدم
ازاء هذه المسألة .

(ب) التغيرات الحادثة فى جليد الطور اليافع بعد خروجه من جلد العنزة

بعدما تنتهى عملية الانسلاخ فى الجسم ، يظهر الجليد الحديث
غضا طريا ورائقا شفافا ، مما يترك الفرصة سانحة كي يتمدد الجسم
ويأخذ القلب المناسب للمرحلة الجديدة فى حياة الحشرة ، وبعد ذلك
مباشرة تحدث للجليد عملية تصلب وتلون (او دكانة اللون) ، وتخضع
عملية التصلب هذه لفعل هرمون تقوم بافرازه خلايا عصبية افرازية موجودة

في المخ والعقد العصبية الصدرية والبطنية عموماً ، وتسمى العملية أحياناً "التقسية" Tanning ومنها يطلق على هذا الهرمون اسم "هرمون التقسية" Tanning hormone أو Bursicon (نسبة الى كلمه " تقسية" في اللغة اليونانية) .

(ج) التغير اللوني :

تقوم الخلايا العصبية الافرازية في مسنطقتي المخ الثانية والثالثة بإفراز هرمون في الحشرات الصعوية ليقوم بالتحكم في حركة أو هجر، الحشرات السبغية (أي اللونية) في خلايا البشرة ، وهو الأمر الذي يؤدي الى تغيرات اللون ، بالإضافة الى ذلك ، فإن هرمونا ذي طبيعة كيميائية ببتيدية يمكن استخلاصه من العقد العصبية الصدرية في برقات سوما قبل عذاري - الحشرات حشفية الاجنحة ، هو المسئول عن عملية تلون الجلب Melanization وهي ذات المادة التي تنبه الى حدوث تكون في اجنة بيض دودة الحرير .

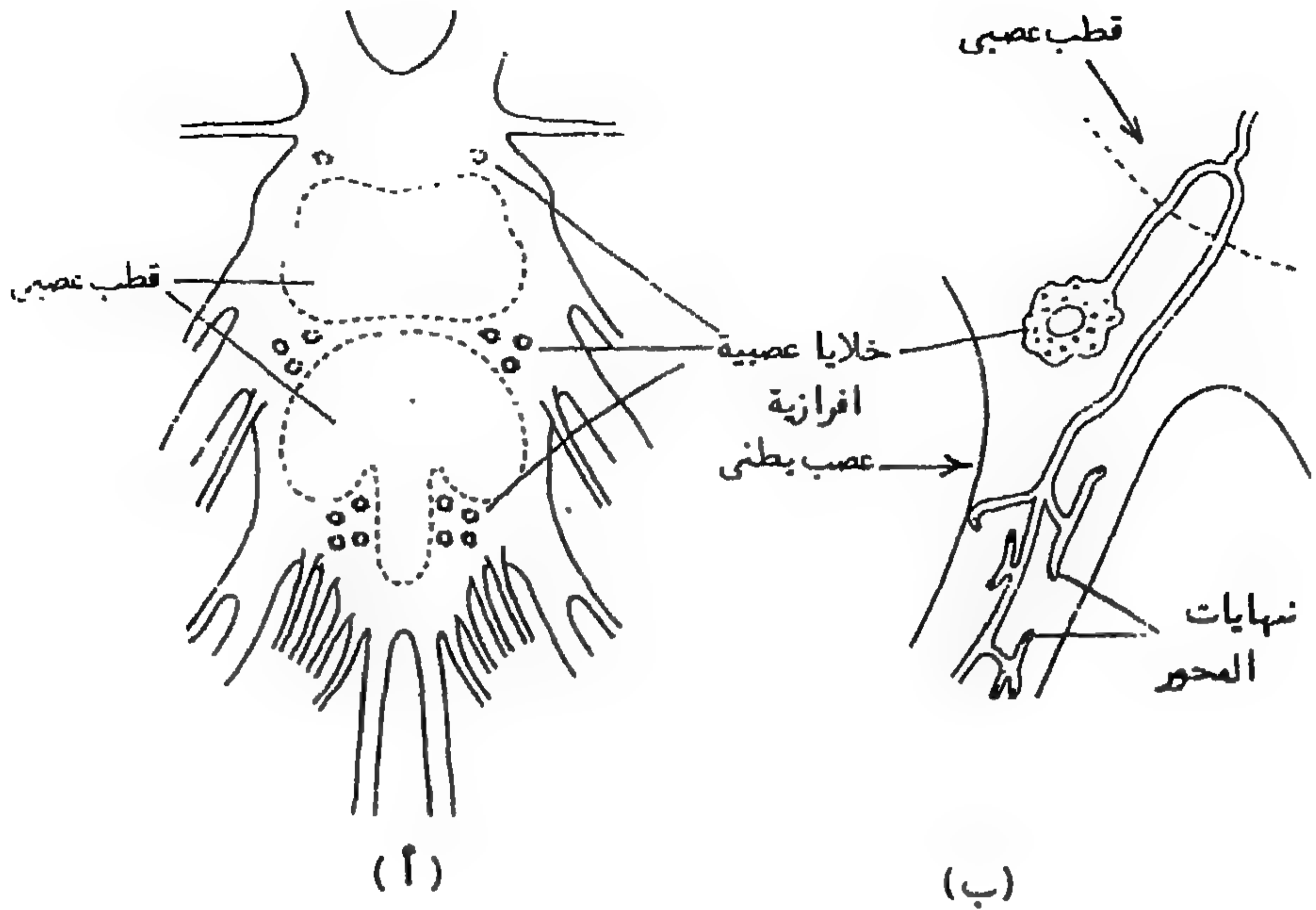
(د) افراز البول :

تقوم الخلايا العصبية الافرازية في العقد العصبية البطنية لبقعة الرودنيس بانتاج هرمون مدر للبول ، وهو الذي يخرج منطلقاً على امتداد الاعصاب البطنية في الجسم ليؤثر على أنابيب ملبيجي^x فيؤدي الى تدفق سريع للبول بعد تناول البقعة لوجبة غذائية من الدم^{xx} (شكل ٢٣) تظهر هرمونات افراز البول في حشرات كثيرة كالصرصور الامريكي والجراد الصحراوي وغيرهما حيث تقوم الخلايا العصبية الافرازية في المخ ، والعقد العصبية البطنية بانتاجها وافرازها . الا أن طبيعة عمل هذا الهرمون ليست معروفة بالتحديد ، فهي قد تؤثر على وظيفة

x أنابيب ملبيجي اهم اعضاء الاخراج في جسم الحشرة بصفة عامة (المترجم)

xx من المعلوم أن بقعة الرودنيس حشرة طفيلية تتغذى بامتصاص دم

عائلها (المترجم) .



شكل (٢٣) : الخلايا العصبية الافرازية في العقد العصبية الصدرية والبطنية في بقعة ألرود نياس (أ) توزيع الخلايا العصبية الافرازية في العقد الملتحمة للصدر والبطن معا . (ب) شكل تخطيطي لخلاية عصبية افرازية في المجموعة الخلفية توضح اتجاه المحور والنهايات المنتفخة حيث يفرغ الهرمون ويتحرر هرمون ادرار البول .

انابيب ملبيجي ذاتها فتحتفزها كي تزيد من معدل عملها وبالتالي من سرعة وزيادة عملية ادرار البول ، او انها تذهب لتؤثر بالتثبيط على أنسجة المستقيم) وهو آخر مناطق الجهاز الهضمي في الحشرة (القسادية على اعادة امتصاص الماء من المواد البرازية المعدة للطرح خارج الجسم ، وبالتالي يكون المطروح من البول كمية كبيرة فيبدو بذلك وكأن ادراره عاليا وبصفة عامة ، ففي الحشرات يوجد هرمون يقوم بعكس ما يقوم به الهرمون المدر للبول ، يسمى "الهرمون المضاد لادرار البول" .

(هـ) التأثير العضلي المنشأ :

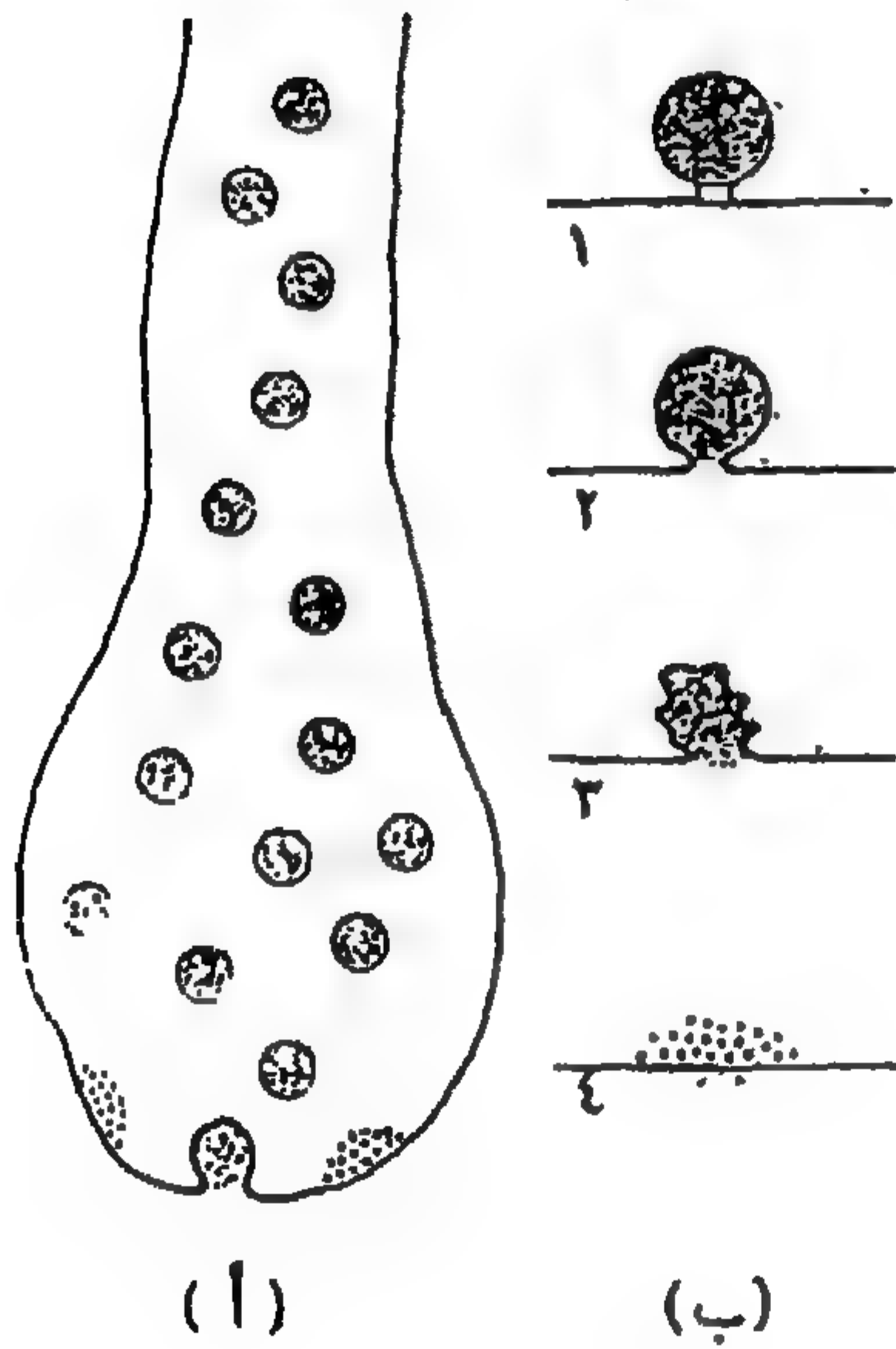
الهرمون الذي يوءدى الى ارتفاع معدل ضربات القلب واثارة التنفسي العضلي في جدر الجزء الخلفي من الامعاء في الجسم يتم تصنيعه في

المخ ثم يـخـتـزـن فـى غـدة كـوربـس كـارديـاكـم فـى كـل مـن المـرصور الـولـود
(Leucophaea) والجـراد الرـحال (Locusta) كـما أـن هـذا
الهرمون ذاته يقوم بتحفيز قناة البيض وحضها على العمل ، وربما يدفع
الحشرة أيضا الى تعجيل عملية وضع البيض قبل موعدها الطبيعي .
اما السبب الذي يدفع المخ للقيام بافراز هذا الهرمون فربما يكون
انفعالا عصبيا منعكسا يرسل من العضو المسمى " المستقبل المنوي " *Receptaculum*
بتأثير حركة الحيوانات المنوية فيه . وفي بعض
الحشرات تقوم الخلايا العصبية الافرازية الوسطية في المخ بافراز هرمون
يسهل حركة طرد البويضات في قناة البيض ومن ثم سرعة خروجها الى حيث
تضعها الانثى في البيئة المحيطة الملائمة .

(و) التأثيرات الأيضية :

من الملاحظ أن عملية تصنيع البروتين تحدث بتأثير صادر عن
غدة كوربس كاردياكم في شكل هرمونات عصبية . ويوجد لدى الحشرات
من هذه الهرمونات اثنين معروفين جيدا هما : هرمون ارتفاع معدل
السكر في الدم *Hyperglycemic hormone* وينتجه المخ ثم
يدفعه ليخزنه في غدة كوربس كاردياكم فتقوم الأخيرة بطرحه في تيار
الدم العام وقت اللزوم وبطريقة معينة . ويشبه هذا الهرمون في عمله
هرمون الجلوكاجون *Glucagon* الموجود في الحيوانات
الفقارية ، وهو الذي يحفز عملية تكسير النشا الحيواني (الجليكوجين)
وذلك بتراكم السكر (وأهم أنواعه السكر الثلاثي *Trehalose*
في الحشرات) في الدم . الهرمون المسئول عن حركة الدهن
Adipokinetic hormone : تتحمل خلايا غدة كوربس كاردياكم
مسئولية انتاج وافراز هذا الهرمون ، الذي يقوم بالحث على خروج
وتحريك المركب الجليسريني الثلاثي من مواضع اختزانه في الجسم الدهني
فينتج اثر ذلك مركب جليسريني ثنائي في الدم ، وهو الذي يؤدي وجوده
الى دفع عضلات الطيران في الجراد من أجل استهلاك الدهون الموجودة
بها .

تستطيع الخلايا العصبية الإفرازية طرح الحبيبات الإفرازية المتراكمة فيها بواسطة ما لديها من نهايات عصبية ، وذلك فيما يسمى عملية " طرد خلوي خارجي " (Exocytosis) يحدث ذلك بأن تمر موجة من الاثارة الكهربائية او حالة استقطاب خلال جدار محور كل خلية عصبية افرازية ، فتؤدي الى قيام حبيبات الافراز الموجودة داخلها بالالتحام بغشاء المحور ثم تطرح هذه المحتويات الى خارج الغشاء في تيار الدم (شكل ٢٤) .



شكل (٢٤) : (أ) شكل تخطيطي لنهاية محور خلية عصبية افرازية في عملية اطلاق الافراز بواسطة عملية الطرح الخلوي الخارجى . (ب) مراحل عملية طرح حبيبة من حبيبات هذا الافراز : ١- اتصال رقيق جدا بين غشاء الحبيبة وبين غلاف المحور ، ٢- انفتاح مؤقت لغلاف المحور يعرض محتويات الحبيبة ، ٣- المحتويات تم طرحها ، وغشاء الحبيبة ظهرت به ثنيات ، ٤- غلاف المحور يعود الى حالته الطبيعية ، وثنيات الحبيبة تشكل مجموعة من الحافظات الدقيقة الحجم .

بخصوص كيميائية الهرمونات العصبية ، فتبدو جميعها من النوع الببتيدى الصغير الحجم ، حيث تم تنقية وتحليل الهرمون المحرك للدهن فوجد أنه يحتوى على ١٠ أحماض امينية ، ويشبه تركيبه الى حد كبير التركيب الحمضى الامينى فى هرمون الغدة الحبيبية فى الجمبرى ، وهو المسئول عن تركيز الاصباغ الحمراء فى هذا الحيوان . يتشابه هذا الهرمون مع نظيره المسئول عن ضربات القلب لكنه يختلف اختلافاً بيناً عن نظيره المؤدى الى ارتفاع نسبة السكر فى الدم .

عند معاملة الحشرات بالمبيدات الحشرية ، فانها تؤثر على الاعضاء العصبدموية تأثيرا يوءى الى افساد عملية التحكم فى افراز و طرح الهرمونات العصبية منها ، وهو الامر الذى يوءى الى موت الحشرة فى النهاية .

دور الهرمونات فى ابيض الغذاء وكذا تأثيراتها الانعكاسية

انه ليس من السهل دائما تحديد ما اذا كان هرمونا ما يسبب تأثيرا مباشرا فى ابيض الجسم ، او أن التغييرات الايضية تظهر تابعة لبعض تأثير الهرمون على عمليات اخرى كالنمو وتكوين البيض مثلا .

فى الجراد الصحراوى والصرصور الولود *Leucophaea* : يقوم الجسم الدهنى بتصنيع الدهن المسمى "الليبيد" *Lipid* وبيعه ليعمل كمخزون طاقة ، كما تقوم بتصنيعه ايضا الخلايا البيضوية فى المبايض بقصد اضافته الى المحتوى المحى المطلوب لها . يقوم "ه ش" بايقاف عملية تصنيع الليبيد فى الجسم الدهنى ليترك الفرصة للخلايا البيضوية كي تقوم بانتاج الكميات المطلوبة منه لتجهيز المح . تقوم العقدة العصبية تحت المريئية بانتاج وافراز "هرمون الكمون" فى اناث دودة الحرير وترسله الى المبايض ليحفز نشاط السكر الثلاثى *Trehalose* ومن ثم اندماجه مع النشا الحيوانى الذى يتراكم خصوصا فى البيض المقدر عليه أن يدخل فى حالة كمون . الا أنه لا يعرف اين توءى هذه الهرمونات تأثيراتها فى الامثلة التى اوضحنا طرفاً منها .

المرسلات العصبية

لقد تم استخلاص كثير من المواد ذات الخصائص العقاقيرية من الاجهزة العصبية فى الحشرات ، ولكن لم يتحدد حتى الان كم منها يتدخل فى فسيولوجية الجسم العادية .

يظهر اسيتيل الكولين تقريبا فى عملية التوصيل العصبى داخل الجهاز العصبى المركزى ، لكنه لا يلعب أى دور (كما يقوم بذلك

هناك في الحيوانات الثديية) في عملية التوصيل العصبية، ولا يوجد محمولا في تيار الدم العام.

تعتبر مركبات الكاتيكولات الامينية ذات دور هام في العمل كمرسلات عصبية . فمركب مضاد الادرينالين الموجود في العقد العصبية في المرصور له نفس الدور الذي يقوم به نظيره في مخ الحيوانات الفقارية ، الا أن مركب الدوبامين الموجود يقوم بدور أكبر في هذا المضمار ، فيعمل كمرسل عصبى في الغدد اللعابية للمرصور ودودة التبغ الامريكية ، حيث يقوم بمثل ما يقوم به الادرينالين والجلوكاجون في كبد الحيوانات الثديية ، فينشط الازدياد الموضعى لتصنيع المرسل العصبى الدورى AMP ، وأما في الاعضاء المضيئة الموجودة في ذبابة النار فيعمل مركب الاكتوبامين كمرسل عصبى . ولقد أمكن الكشف عن مركب ٥ - هيدروكسى تريبتامين بدلالة استخلاصه من أجسام بعض الحشرات ، لكن وظيفته لم تعرف بالتحديد ، اللهم الا صورة منه (هي جاما - حمض البيوتريك الامينى) قد تعمل - كما فى الحيوانات الفقارية - كمسئول كيميائى اثناء الهبوط العصبى .

لا يتوفر لدينا سوى دليل ضعيف على أن للمرسلات العصبية تأثير عام في عملية دوران الدم في الجسم . فالأكتوبامين الذى تطلقه النهايات العصبية من الجهاز العصبى السمبتاوى ، يرسل الى العضلة الممددة لقصة الرجل فى الجراد ، كى يبذل تأثيرا تثبيطيا طويلا فى هذه العضلة . بينما يتوفر دليل قوى على أن المرسل العصبى فى الحشرات هو مركب الجلوتاميت ؛ ففي العادة ، يكون تركيز الجلوتاميت فى دم الجراد عند المستوى الذى يمكنه به بذل تأثير قوى على الروابط او الوصلات العصبية . وعلى أية حال ، فإن هذه الروابط فى جسم الحشرة الحية تبدو فى حماية يسديها لها ما يسمى "حاجز الانتشار" .

الفيرومونات والمؤثرات البيئية الأولية الأخرى

تقوم أفراد الحشرات من النوع الواحد ، كغيرها من الحيوانات الأخرى ، بالتواصل فيما بينها بواسطة الروائح ، ويتم التواصل بين الأجزاء المختلفة داخل جسم الحشرة بواسطة هرمونات ، و هو الأمر الذى أدى الى تسمية الروائح المنتشرة فى المجتمع الحشرى باسم " الهرمونات الاجتماعية " . وبصفة أساسية ، فان مثل هذه المواد الكيميائية تؤثر فقط فى أعضاء الحس وتؤثر بالتالى الى تغييرات فى السلوك ، منها على سبيل المثال : ميل الأفراد الى التجمع او الى الانتشار ، نثرثم اتباع اثر الروائح المنثورة ، الترابط والتجاذب بين أفراد النوع الواحد ، اشارات التحذير والانذار ، العلامات الجنسية المترتبة على مواد الجذب الجنسية التى تطلقها الانثى ، وكذلك محركات الغريزة الجنسية التى يطلقها الذكر من غدة ذكورية مخروطة فى جسمه .

تستخدم لفظة "فيرومون" لتدل على كل مادة كيميائية تعمل على تحقيق التواصل فيما بين أفراد النوع الحشرى الواحد . ولا يظن انها هرمونات ، ولكنها تدخل مجال دراسة هرمونات الحشرات من وجهين اولهما : ان الفيرومون الذى تطلقه حشرة " معطاة " لتستقبله حشرة أخرى "مستجيبة" ، يقوم ببذل اعمال هرمونية فى أنسجة الحشرة التى تعاطته . وكذلك فالفيرومونات تعتبر مؤثرات بيئية أولية تتسبب فى احداث أنشطة هرمونية خاصة فى الحشرة التى تتناولها . أما الوجه الثانى فهو أن الفيرومونات تعمل كخامات اولية Precursors تنتج منها الهرمونات ، وما يلفت النظر فى هذه المسألة ان المشتقات الكيميائية لمادة الفارنيزول (التى تعد خامه هرمون الشباب الاولى) تستخدم كفيرومونات فى افراد النحل الطنان وغيره من الحشرات غشائية الاجنحة .

تقوم الملكة وأليفها بانتاج واطلاق فيرومونات تنتشر فى عش المعيشة فى النمل الابيض (القرضة) كأنواع Kaloterms وأنواع

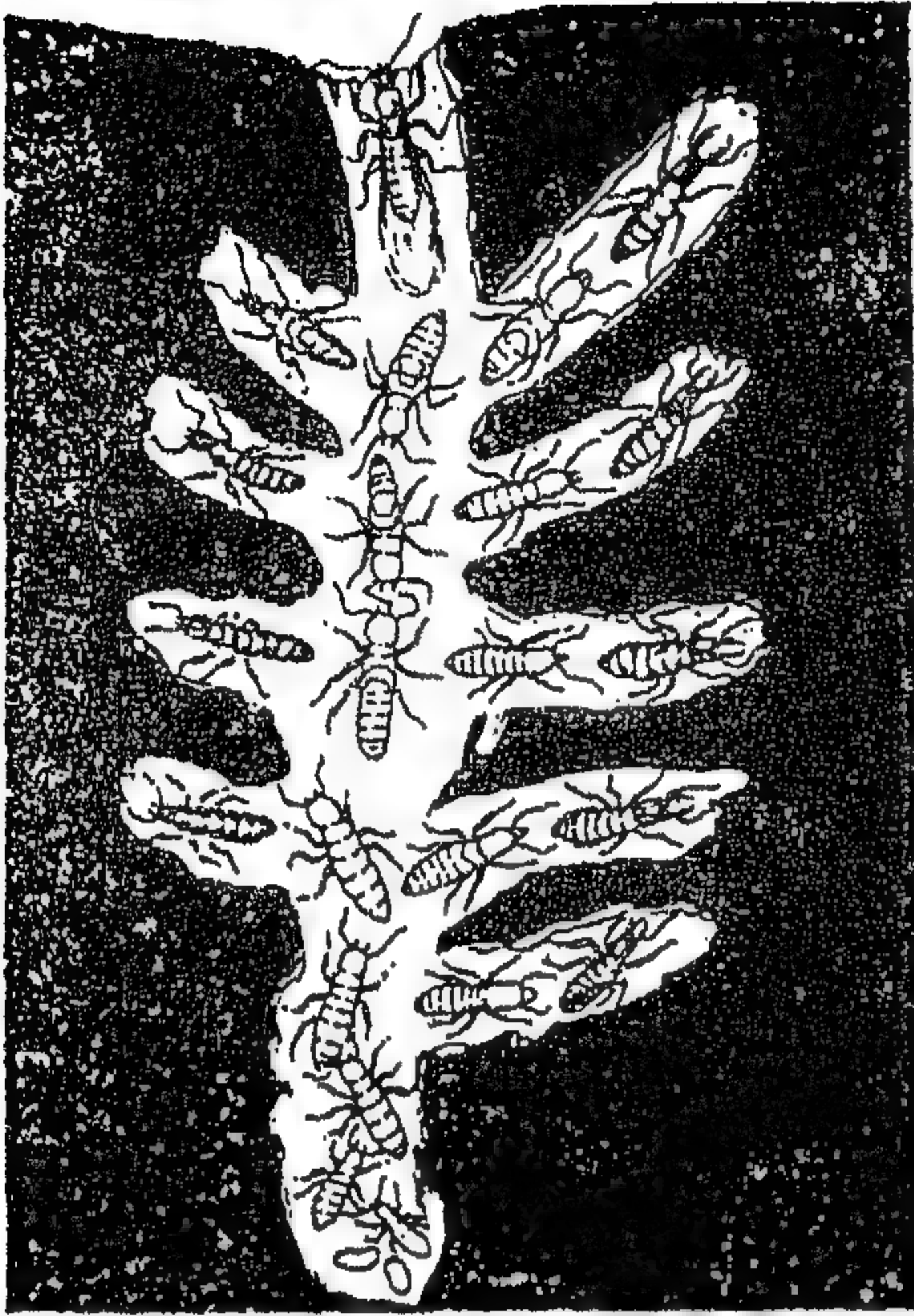
Zootermopsis . تعمل هذه الفيرومونات المنتشرة في العش على منع البيرقات الأخرى — غير الملكة — من أن تنمو الى فئات تكاثريـة (أنـهـا كـار ، أو ذكـور) ، وعند البحث عنها في المواد البرازية والخراجية من مستقيم الملكة ، وجد ان لها تركيب هرمون الشباب .

وكما أن هرمون الشباب له عدة صور مختلفة تقوم بأداء تأثيرات مختلفة في عمليات تشكـل جسم الحشرة ، فان الفيرومونات الجنسية ربما تقوم بالتأثير على عملية افراز هرمون الشباب في الحشرة التي تتعاطاها ، فعند معاملة البيرقات في عش النمل بمزيد من هرمون الشباب ، وجدت أنها تنمو آخذة الشكل العسكري ، وهذه العساكر ذاتها تقوم باطلاق مادة مثبطة لفعل هرمون الشباب أى قدرة غدة كوربس الاتم الافرازية .

مواد التأثير الجنسي* :

تستطيع الهرمونات ذات الطبيعة الكيميائية الببتيدية ، التى تفرزها الغدد المساعدة فى نكـور الحشرات ، بذل تأثيرات هامة فى اناتها . فلقد وجد فى النطاط Melanoplus وحشرة الدروسوفـيلا والبعوضـة المنزلية ، ان وجود هذا الهرمون يعتبر اشارة البدء لعملية وضع البيض . وهناك فيرومون أو " هرمون " آخر تستقبله الانثى من الغدد المساعدة فى نكـور حشرة الدروسوفـلا أو البعوضة المنزلية ، يـؤدى الى اضعاف القابلية الجنسية ويمنع المضاجعة التزاوجية . ووجد أن فى البعوضة المنزلية ، يقوم هذا الهرمون بالتأثير على العقدة العصبية البطنية النهائية ، وهى المكان الذى يؤثر فيه هرمون الشباب الذى يحفز على بدء القابلية الجنسية فى الانثى الناضجة ، وهى ايضا المكان الذى يؤثر فيه عامل مايتها من الذكر ليعمل على اخمادها . وتقع هذه الغدد المساعدة تحت تأثير غده كوربس الاتم فى عملها .

* الترجمة الحرفية للعنوان هو " المواد اللوعوية " ، وقد فضلنا استخدام الترجمة المعنوية له . (المترجم) .



شكل (٢٥) : الفئات الشكلية للنمل الأبيض
الأوروبي (*Kaloterms flavicollis*)
بعد فقس البيض، تمر المرحلة اليرقية التالية
بمسبعة أدوار، ثم خلال اقتران دورين يرقيين لهما
بدأت أجسنة مرثية، تنسلخ هذه اليرقات
وتتحول إلى طهر يافع له أجسنة . قد يقوم أى من
هذه الأدوار اليرقية بالانسلخ إلى شكل قبل
عسكري ثم إلى عسكري كامل الشكل (أنظر يسمين
الرسم) ، وقد يقوم أحدها بالانسلخ وإنتاج
شكل تكاثرى مساعد (أى شغالة قادرة على التكاثر.
أنظر شمال الرسم) .

المؤثرات البيئية الأولية لافراز الهرمونات:

يتم . الحفز على النضج الجنسي ونشاط التزاوج فى الحشرات بواسطة
مؤثرات تقع عليها من البيئة المحيطة بها : ففي الذباب الأزرق يكون
المؤثر هو وجود لحم عفن ، وفى كثير من الحشرات حرشفية الاجنحة
يكون المؤثر هو رائحة النبات الذى تأكل منه اليرقات . وفى حشرة
Antheraea polyphemus يعمل انبثاق رائحة أوراق شجر
البلوط على إثارة الانثى ، فتتأثر لذلك الخلايا الغدية فى غدة كوربس
كاردياكم لتقوم بتنظيم ما يسمى "سلوك المناداة" على الجنس الآخر،
وأيضاً تعمل هذه الرائحة النباتية على انطلاق الفيرومون الجنسي من
الحشرة . وأما فى الانثى البالغة الناضجة جنسياً ، فيقوم نفس المؤثر
بتحفيز نشاط الطيران وعملية وضع البيض خلال افراز هرمون عصبى .
وفى برغوث الارنب *Spilopsyllus* هناك عامل يعتبر وجوده
ضرورى من أجل حث الذكر على التزاوج حيث الانثى على اتمام نضج بيضها
داخل المبايض ، هذا العامل ينبعث من اناث الارنب الحبلية أو من

صغار الارانب حديثة الولادة • ولم يعرف بالتحديد ما هو هذا العامل
أهو متطلب غذائي للحشرة ؟ أهو موثر حسي ؟

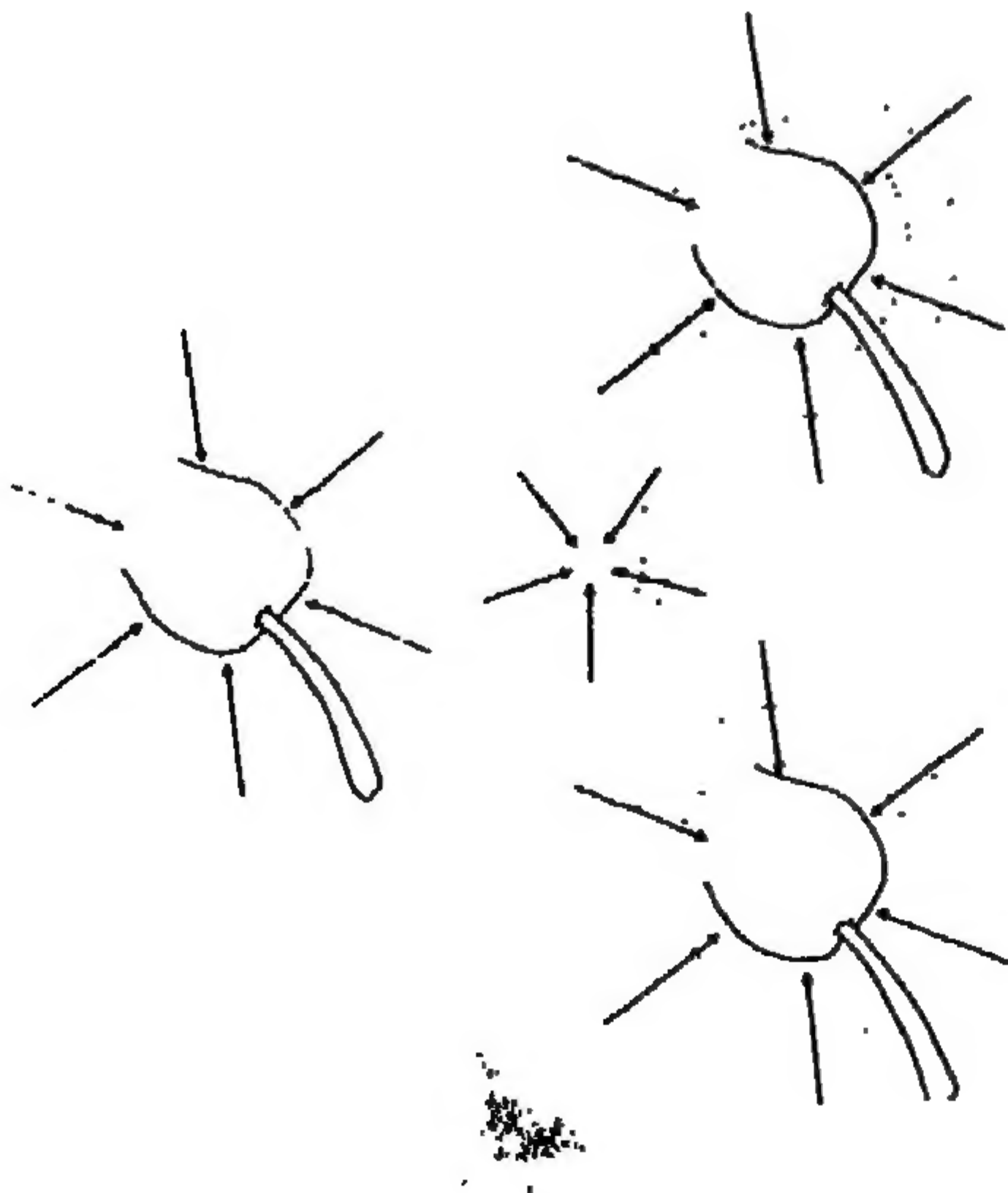
تلعب الفيرومونات الجنسية دورا رائدا بين المؤثرات البيئية
الاولية لافراز الهرمونات • تقوم الروائح المنبعثة من اناث وذكور فراشة
دودة الدقيق بتحفيز نمو البيض في بطون معزولة من بعض أفراد هذه
الحشرة ، وربما يحدث هذا بالحث على افراز الهرمون • كما تقوم
ذكور الجراد الناضجة جنسيا بانتاج فيرومونا يساعد على الاسراع من نضج
الذكور الصغيرة والاناث البكر •

ووجد في نحل العسل ، ان الملكات تفرز مادة الخاصة الملكية
(حمض ٩ — اوكسوديسى نويك) من الغدد الفكية ثم تقوم بنثرها في
أرجاء الخلية ويسهل هذه المهمة ما يجرى من عملية تبادل الغذاء
بين افرادها ، وتبدى هذه المادة تأثيرات هامة على سلوك الافراد
حيث تعمل كمادة جاذبة للجنس ، كما تعيق الشغالات عن بناء عيون
وتربية الملكات ، وكذلك تؤدي الى ايقاف نضج المبايض في الفئة غير
الملكية • وقد يرجع هذا الى ايقاف افراز " ه ش " من غدد كوربورا
الاتا ، لان الشغالات اذا عزلت عن الملكات وحظيت بتربية مستقلة عنها
فان مبايضها تنضج ، وتصبح هذه الافراد قادرة على وضع بيض • وكذلك
الحال في أفراد النمل المنزلي •

الحناءة

تتدخل عدة مواد كيميائية من أصناف مختلفة في تنظيم تغيرات النمو في الحيوانات • ووجد ان منتجات من الخلايا المتضررة من جراء جرح ما ، تأخذ أحيانا التسمية " هرمونات الجرح" تعمل على بدء التئام الجرح الحادث • وكذلك فان الشكل الذي يظهر به جسم الحيوان ما هو الا نتيجة عمليات تميز يحدث خلالها أن تقوم مجموعات محكومة من خلايا مختلفة بانتاج تراكيب جسدية مخصصة • وهناك احتمال كبير ان يكون تنظيم وضبط هذه التغيرات الانمائية و اقع تحت تأثير مواد منظمة ومواد محفزة تعمل بصفة أساسية كهرمون الشباب لتؤدي الى ظهور تباينات تراكيبية وذلك بانبعث قدرات متخصصة كامنة في النظام الجيني • +

كما أن هناك من الأدلة ما يوضح أن هذه المواد المحفزة يتم توزيعها في "منحدرات" Gradients (شكل ٢٦) وتلك طبيعة التحول الجيني المحفز والواقع تحت تحكم وسيطرة تركيزات مختلفة لمادة واحدة ، فهرمون الشباب يتسبب في ظهور أشكال برقية أو عذرية او يافعة ، وذلك يتوقف على تركيزه ، كما يحدث أحيانا ان تؤدي جينات خاصة الى انتاج كيماويات مسئولة عن تغيرات اللون وخلافه في انحاء الجسم •



شكل (٢٦) : مثال يوضح افتراض "الانحدار" في عمليات الجسم الانمائية • مجموعة جديدة تظهر حيث تنفصل الأشواك الموجودة • ويعتقد أن هذا ينتج من "انحدار" لمادة حافزة — ربما تكون عادة مطلوبة وضرورية لنمو الشوكة — تمتصها الأشواك من منطقة محيطة بها مباشرة •

كل هذه العمليات تحدث في الحيوانات عديدة الخلايا — وتحدث
ايضا ولو بشكل متحور في الحيوانات الاولى وحيدة الخلايا استراتيجيها
المتباينة التي تملك شيئا ما يشيع أنه هرمونات حقيقية تدور مع الدم .
وكما كانت الحيوانات اللاقارية اكثر تعقيدا واكتسبت اجهزة عصبية
اكثر رقا ، كلما كان هناك في نفس الوقت توافق كيميائي عن طريق
الهرمونات السيرة في تيار الدم ، والتي يتضح وجودها ودورها اكثر
فاكثر . وتشغل الحشرات موقع القمة بين الحيوانات اللاقارية في هذا
الموضوع .

المترجم

.74
38



0424506